PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 9. 1. Mai 1918. Redaktionsschluß für No. 11 am 1. Mai 1918. 19. Jahrgang.

INHALT:

Originalmitteilungen:

E. Waetzmann, Über Schwebungen. (Zur Antwort des Herrn Budde.) S. 177.

St. Meyer, Periodische Systeme der Elemente. S. 178.

H. Senftleben u. E. Benedict, Eine Methode zur Temperaturbestimmung leuchtender Flammen. S. 180.

J. Lense, Über die Anwendbarkeit der kinetischen Gastheorie auf das Fixsternsystem. S. 182.

W. Kasperowicz, Galvanischer Unterbrecher. S. 187.

H. Greinacher, Aus der Ionenlehre der Gase. (Einige Demonstrationsversuche.) S. 188.

A. Schmidt, Magnetische Mittelwerte des Jahres 1917. S. 195.

Vorlesungsverzeichnis f. das Sommersemester 1918: S. 196.

Berichtigung. S. 200.

Personalien. S. 200.

Angebote. S. 200.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über Schwebungen.

(Zur Antwort des Herrn Budde.)

Von E. Waetzmann.

Die ursprünglichen Bedenken Buddes[1]) gegen einige Ausführungen in § 2 meiner Arbeit[2]): „Über den Zusammenklang zweier einfacher Töne" beruhten im wesentlichen auf Mißverständnissen. Ich habe gezeigt[3]), daß die Bemerkungen, die Budde meiner Arbeit „gegenüberstellte", gegenstandslos sind, weil sie durchaus meinem Standpunkt entsprechen und nichts enthalten, was nicht bereits in meiner ersten Arbeit völlig klar auseinandergesetzt worden wäre. Aus der Bemerkung zu Anfang der neuesten Abhandlung Buddes[4]), „kleinere vielleicht vorhanden gewesene Mißverständnisse mögen dabei unberücksichtigt bleiben", glaube ich schließen zu dürfen, daß wir uns hierin jetzt einig sind.

Die weiteren Ausführungen Buddes in seiner Antwort entspringen aber wiederum einem Mißverständnis. Die Ursache für dieses Mißverständnis liegt m. E. nicht in meiner Darstellung.

Im Mittelpunkt der Buddeschen Antwort steht der Satz: „Nun habe ich behauptet und behaupte noch, daß der Faktor $\sin\frac{p+q}{2}t$ als einfacher Ton $\frac{p+q}{2}$ gehört wird, wenn $p-q$ sehr klein ist". Budde nimmt also an, ich hätte bestritten, daß man bei sehr kleinen Intervallen den Ton $\frac{p+q}{2}$ höre. Das ist aber nicht der Fall. Zum Beweise hierfür erinnere ich nur daran, daß Budde in seiner ersten Arbeit selbst zitiert: „Für diesen Fall (Abstand von p und q erheblich kleiner als ein halber Ton) gibt Waetzmann selbst als Erfahrungsresultat im Anschluß an Stumpf an: ‚Man hört nur einen zwischen ihnen liegenden Ton, und diesen schwebend'". Hiernach sind die Ausführungen der Buddeschen Antwort m. E. völlig gegenstandslos.

Mein Gedankengang, der den Widerspruch Buddes herausgefordert hat, war in ganz groben Zügen folgender: Wir stellen uns auf den Standpunkt der Resonanztheorie. Sind nun gleichzeitig zwei Schwingungen p und q von gleichen Amplituden gegeben, so kann aus der Produktdarstellung auch für sehr kleine Abstände von p und q noch nicht auf das Vorhandensein des Tones $\frac{p+q}{2}$ geschlossen werden. Um verständlich zu machen, daß man $\frac{p+q}{2}$ hören kann, ist vielmehr noch die Annahme erforderlich, daß ein gewisser Dämpfungsgrad der Ohrresonatoren vorhanden ist. Meine Behauptung, daß die Produktdarstellung die Existenz des „Tones" $\frac{p+q}{2}$ noch nicht beweist, wird, abgesehen von den sonstigen Gründen, auch von Budde selbst durch die gelegentliche Bemerkung[1]) als richtig bestätigt, daß dieser „Ton" noch „geringe periodische Höhenänderungen" aufweisen darf, die von manchen Beobachtern auch wahrgenommen werden.

Da die scheinbar so einfachen Überlegungen über die Tonhöhe bei Schwebungen in Wirk-

1) E. Budde, diese Zeitschr. 18, 285, 1917 (Budde I).
2) E. Waetzmann, diese Zeitschr. 12, 231, 1911 (Waetzmann I).
3) E. Waetzmann, diese Zeitschr. 18, 560, 1917 (Waetzmann II).
4) E. Budde, diese Zeitschr. 19, 60, 1918 (Budde II).

1) Budde II.

ichkeit sehr verwickelt sind, empfiehlt es sich, wie ich es in meinen Arbeiten getan habe, streng zu scheiden zwischen dem, was im Außenraum vor sich geht und dem, was man hört. Bezüglich aller Einzelheiten muß ich auf meine früheren Arbeiten verweisen. Um neuen Mißverständnissen vorzubeugen, möchte ich nur noch betonen, daß der Zweck und Inhalt meiner Arbeiten in erster Linie nicht der war, zu untersuchen, ob man diesen oder jenen Ton hört oder nicht hört, sondern gegenüber den zahlreichen Ungenauigkeiten und Unklarheiten in der fraglichen Literatur prinzipiell zu zeigen, wie man vom Standpunkte der Resonanztheorie aus bei diesen Untersuchungen vorzugehen hat.

Es scheint mir notwendig, noch auf zwei Einzelpunkte der Buddeschen Antwort hinzuweisen.

1. Budde hält seine Kritik meiner Bemerkung gegen einige Ausführungen Starkes[1]) mit dem Hinweis darauf aufrecht, daß sich Starkes Ausführungen nur auf „sehr kleine" Intervalle beziehen. Der Ausgangspunkt der Starkeschen Argumentation ist aber der, daß beim gleichzeitigen Erklingen von p und q ein auf $\frac{p+q}{2}$ abgestimmter Resonator nicht mittöne; eine Annahme, die gerade für sehr kleine Intervalle in den meisten Fällen überhaupt nicht zutrifft. Der Hinweis auf die Kleinheit des Intervalls kann also höchstens gegen Starke sprechen.

2. Budde sagt: „Stellt man die Bewegung eines Punktes, an dem die beiden Schwingungen p und q zusammenwirken, graphisch dar, so erscheint sie dem Auge unter dem allbekannten Bilde einer an- und abschwellenden Sinuskurve. Derartige Bilder sind dem Leser wohl aus allen Lehrbüchern bekannt." Eine Schwebungskurve unterscheidet sich aber durchaus von einer an- und abschwellenden Sinuskurve, wie beispielsweise die Zeichnungen in meinen vorhergehenden Arbeiten und zahlreiche Kurven in einer früher zitierten Arbeit von Stumpf[2]) zeigen. Allerdings ist richtig, daß sich in vielen Lehrbüchern „Schwebungskurven" finden, die so aussehen, wie es Budde beschreibt. Diese Schwebungskurven sind aber falsch gezeichnet.

Soweit ich übersehe, sind jetzt alle Streitpunkte klargestellt, so daß ich meinerseits auf eine Fortführung der Diskussion verzichten kann. Mir scheint die Antwort Buddes überhaupt nur dadurch veranlaßt zu sein, daß er meine früheren Arbeiten nicht genau kennt. Das Verdienst der Buddeschen Arbeiten dürfte darin liegen, daß sie von neuem die Aufmerksamkeit auf das sehr schwierige Problem der Schwebungen gelenkt haben.

Breslau, Physikal. Institut, Februar 1918.

(Eingegangen 8. März 1918.)

1) H. Starke, Verh. d. D. phys. Ges. 10. 285, 1908.
2) C. Stumpf, Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. der Sinnesorgane 39, 241, 1905.

Periodische Systeme der Elemente.

Von Stefan Meyer.

Die Modifikationen, die den ursprünglichen „periodischen Systemen" von D. Mendelejeff und L. Meyer gegeben wurden, sind sehr zahlreich; jede hat ihre Vorzüge und Nachteile, aber zu allgemeinerem Gebrauch ist neben der Mendelejeffschen keine gelangt.

Wenn trotzdem im folgenden neuerlich zwei Schreibarten vorgebracht werden, so geschieht dies auch nur in der Meinung, daß vielleicht der eine oder der andere Forscher in ihnen geeignete mnemotechnische Hilfsmittel finden mag.

In der ersten Tabelle sind, wie dies schon oft geschah, die langen Perioden in je einer ganzen Zeile untergebracht; weiters aber soll der verschieden breite Rahmen qualitativ den Gang der Atomvolumina und der zahlreichen damit verknüpften Eigenschaften andeuten. Dadurch wird insbesondere der Unterschied der sonst gewöhnlich untereinander geschriebenen Halbperioden der langen Reihen schärfer hervorgehoben.

Die zweite Tabelle ist von der ersten hauptsächlich darin verschieden, daß die Maxima der Atomvolumen in die Mitte gestellt sind, während sich früher die Minima an dieser Stelle befanden. Die Reihung entspricht den Gedankengängen W. Kossels[1]) und ist auch von L. Flamm[2]) schon anläßlich eines Vortrages verwendet worden. Die Einführung der verschiedenen Breite der Rahmen zur Versinnlichung des schematischen Ganges der Atomvolumen bringt der Anordnung befriedigende Symmetrie und zeigt deutlicher als die vorangehende, daß nicht die Edelgase, sondern die Elemente der Alkaligruppe die Spitzen der Atomvolumenkurve bilden.

1) W. Kossel, Ann. d. Phys. (4) 49, 229, 1916.
2) L. Flamm, Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Architekt.-Ver. 69, 436, 1917.

Tabelle I.

Periodisches System der Elemente.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	0
1	H 1.008 1							He 4.00 2
Wertigkeit bez. Gruppennummer	I	II	III	IV	V	VI	VII	0
Symbol	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Atom-Gewicht	6.94	9.1	11.0	12.0	14.0	16.0	19.0	20.2
2 Ordnungszahl (Kernladung)	3	4	5	6	7	8	9	10
	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
3	23.0	24.3	27.1	28.3	31.0	32.1	35.5	39.9
	11	12	13	14	15	16	17	18

Die Atomvolumina nehmen von der Mitte nach beiden Seiten zu.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			I	II	III	IV	V	VI	VII	0
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
4	39.1	40.1	45.1	48.1	51.0	52.0	54.9	55.8	59.0	58.7	63.6	65.4	69.9	72.5	75.0	79.2	79.9	82.9
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	?	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	J	X
5	85.5	87.6	88.7	90.6	93.5	96.0	?	101.7	102.9	106.7	107.9	112.4	114.8	118.7	120.2	127.5	126.9	130.2
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
	Cs	Ba	seltene Erden		Ta	W		Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po		Em
6	132.8	137.4	139.0 bis 178		181.5	184.0	?	190.9	193.1	195.2	197.2	200.6	204.0	207.2	208.0	210	?	222
	55	56	57 (einschl.) bis 72		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
	?	Ra	Ac	Th	Bv	U												
7		226.0		232.1	234	238.2												
	87	88	89	90	91	92												

La	Ce	Pr	Nd		Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tu I	Ad	Cp	Tu II
139.0	140.3	140.8	144.3	?	150.4	152.0	157.3	159.2	162.5	163.5	167.7	168.5	173.5	175.0	-
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72

Tabelle II.

Periodisches System der Elemente.

Negative Valenz-Zahl der Elektronen die aufgenommen werden können: (-7) (-6) (-5) -4 -3 -2 -1 | Posifive Valenz-Zahl der Elektronen die abgegeben werden können: +1 +2 +3 +4 +5 +6 +7 +8

(+1 +2 +3 +4 +5 +6 +7 | 0 | (-7) +1 | (-6) +2 | (-5) +3 | -4 +4 | -3 +5 | -2 +6 | -1 +7)

Symbol
Atomgewicht
Ordnungszahl

								H 1.008 1										
								He 4.00 2	Li 6.94 3	Be 9.1 4	B 11.0 5	C 12.0 6						
				N 14.0 7	O 16.0 8	F 19.0 9	Ne 20.2 10	Na 23.0 11	Mg 24.3 12	Al 27.1 13	Si 28.3 14							
				P 31.0 15	S 32.1 16	Cl 35.5 17	Ar 39.9 18	K 39.1 19	Ca 40.1 20	Sc 45.1 21	Ti 48.1 22	V 51.0 23	Cr 52.0 24	Mn 54.9 25	Fe 55.8 26	Co 58.9 27	Ni 58.7 28	
Cu 63.6 29	Zn 65.4 30	Ga 69.9 31	Ge 72.5 32	As 75.0 33	Se 79.2 34	Br 79.9 35	Kr 82.9 36	Rb 85.5 37	Sr 87.6 38	Y 88.7 39	Zr 90.6 40	Nb 93.5 41	Mo 96.0 42	? 43	Ru 101.7 44	Rh 102.9 45	Pd 106.7 46	
Ag 107.9 47	Cd 112.4 48	In 114.8 49	Sn 118.7 50	Sb 120.2 51	Te 127.5 52	J 126.9 53	X 130.2 54	Cs 132.8 55	Ba 137.4 56	La 139.0 57	Ce 140.3 58	Pr 140.9 59	Nd 144.3 60	? 61	Sm 150.4 62	Eu 152.0 63	Gd 157.3 64	
Tb 159.2 65	Dy 162.5 66	Ho 163.5 67	Er 167.7 68	Tu I 168.5 69	(Die seltenen Erden sind nicht bestimmt zugeordnet)					Ad 173.5 70	Cp 175.0 71	Tu II - 72	Ta 181.5 73	W 184.0 74	? 75	Os 190.9 76	Ir 193.1 77	Pt 195.2 78
Au 197.2 79	Hg 200.6 80	Tl 204.0 81	Pb 207.2 82	Bi 208.0 83	Po 210 84	? 85	Em 222 86	? 87	Ra 226.0 88	Ac (230) 89	Th 232.1 90	Bv 234 91	U 238.2 92					

I II III IV V VI VII 0 I II III IV V VI VII VIII

Gruppen-Nummer B (Die Atomvolumina nehmen von der Mitte nach beiden Seiten ab.) A

(Eingegangen 22. Februar 1918.)

Eine Methode zur Temperaturbestimmung leuchtender Flammen.

Von Hermann Senftleben und Elisabeth Benedict.

Bei den bisher vorliegenden Methoden zur Ermittelung von Flammentemperaturen ist man von dem Gedanken ausgegangen, entweder aus den Strahlungseigenschaften der Flammen auf Grund der Strahlungsgesetze ihre Temperatur zu bestimmen oder aus der Temperatur von in die Flamme eingeführten Körpern auf die Flammentemperatur zu schließen. Auf diesem letzteren Grundgedanken beruht auch die im folgenden beschriebene Methode der Temperaturbestimmung leuchtender Flammen, deren lichtaussendende Bestandteile glühende Kohlenstoffpartikelchen sind. Bei der Anwendung dieser Methode müssen vor allem die Bedingungen erfüllt sein, daß der eingeführte Körper die Temperatur der Flamme annimmt und die Beschaffenheit der Flamme nicht ändert. Führt man einen Körper in die Flamme ein, so erreicht er infolge des Energieverlustes durch Ableitung und Ausstrahlung ohne weiteres niemals die Flammentemperatur. Den durch Ableitung bedingten Wärmeverlust kann man zwar durch geeignete Einführung des betreffenden Körpers praktisch vermeiden; aber infolge der dauernden Ausstrahlung wird der Draht sich selbst und die ihn umgebenden Flammenteile abkühlen und dadurch eine zu niedrige Temperatur annehmen. Um diesen Fehler zu vermeiden, hat man mehrfach einen zuerst von Nernst angegebenen Kunstgriff[1]) benutzt. Dieser besteht darin, daß man dem Körper von außen her gerade die Energie wieder zuführt, die er durch Strahlung verliert, und ihn dadurch auf die Flammentemperatur bringt. Diese Zuführung der Energie geschieht am praktischsten durch Nachheizen des Körpers auf elektrischem Wege. Die Hauptaufgabe bei der Durchführung der Methode besteht nun darin, den durch Leitung und Strahlung eintretenden Energieverlust des Körpers und damit die Energie zu bestimmen, die von außen zugeführt werden muß, um den Körper auf die wahre Flammentemperatur zu bringen. Bei den an nicht leuchtenden (Bunsen-)Flammen ausgeführten Temperaturbestimmungen hat man den Energieverlust direkt gemessen oder auf andere Weise bestimmte Kriterien[2]) für die Gleichheit von ausgestrahlter bezw. abgeleiteter und zugeführter Energie aufstellen können. Infolge der gänzlich anderen Beschaffenheit der leuchtenden Flammen lassen sich aber diese Kriterien nicht auf sie übertragen und es handelte sich daher darum, ein anderes Kriterium zur Bestimmung der zuzuführenden Energie zu finden.

Ausgehend von der Tatsache, daß sich in leuchtenden Flammen glühender Kohlestoff in fein verteiltem Zustand befindet, haben wir unserer Methode die Annahme zugrunde gelegt, daß derselbe sich nur dann als Ruß an einem in die Flamme eingeführten Körper abscheidet, wenn seine Temperatur niedriger ist als die der Flamme; demnach würde die Temperatur des Körpers gleich der der Flamme sein, wenn bei einer Erniedrigung derselben sofort Rußabscheidung eintreten würde. Damit ist die Temperaturbestimmung der Flamme auf die Ermittelung dieser Temperatur des eingeführten Körpers zurückgeführt.

Diese Temperatur wurde bei den hier besprochenen Untersuchungen auf optischem Wege bestimmt. Daher kamen für die Einführung in die Flamme nur Substanzen mit bekannten Strahlungseigenschaften in Betracht. Infolge der Höhe der hier in Frage stehenden Temperaturen eignete sich hierfür am besten Platin, am praktischsten in Form von Drähten. Diese Drähte wurden mitten in den leuchtendsten Teil der untersuchten Flamme eingeführt und konnten durch Zuführung von elektrischem Strom auf verschiedene Temperaturen gebracht werden. Durch Regulierung der Stromstärke ließ sich ein Temperaturpunkt finden, bei dessen Überschreitung keine Rußabscheidung mehr eintrat, unterhalb dessen aber die Rußabscheidung augenblicklich einsetzte. Bei dieser Stromstärke wurde in einem Holborn-Kurlbaumschen Pyrometer die schwarze Temperatur des Drahtes gemessen und aus ihr auf Grund der Strahlungsgesetze und des bekannten Reflexionsvermögens des Platins seine wahre Temperatur bestimmt.

Die hier angegebene Methode der Temperaturbestimmung wurde zunächst auf die Hefnerkerze angewendet, für sie ergab sich im Mittel eine Temperatur von 1705 ° abs. Die Genauigkeit der durch Stromregulierung festgelegten fraglichen Temperatur des Drahtes und damit der Flammentemperatur betrug ca. 20 °, d. h. also etwa 1 Proz. der Flammentemperatur.

Bei dem so gewonnenen Temperaturwert ist der Einfluß des vor dem Draht befindlichen leuchtenden Teils der Flamme noch nicht berücksichtigt. Durch die Eigenstrahlung dieses Flammenteils und ihre Reflexion am Draht erscheint dieser heller, andererseits durch die Absorption dieses Flammenteils dunkler, als es

1) F. Berkenbusch, Wied. Ann. **67**, 649, 1899; H. Schmidt, Diss. Berlin 1909; H. Kohn, Diss. Breslau 1913.

2) S. z. B. H. Kohn l. c.

seiner Temperatur entspricht. Die hierdurch hervorgerufenen Fehler, deren Größenordnung sich durch Messungen im Pyrometer leicht bestimmen läßt, sind klein und da sie außerdem teilweise in entgegengesetztem Sinne wirken, ist nur eine äußerst geringe Korrektion der aus der Helligkeit des Drahtes ermittelten Flammentemperatur erforderlich. Bei der Hefnerkerze beträgt diese Korrektion ca. —1 Proz. der Flammentemperatur, so daß bei ihrer Anbringung der oben angegebene Temperaturwert auf 1690 ° abs. zu erniedrigen ist.

Eine weitere mögliche Fehlerquelle liegt in dem bereits erwähnten Umstand, daß durch Einführung des Drahtes die Beschaffenheit der Flamme gestört wird. Um die Größe dieses Fehlers zu bestimmen, benutzten wir Drähte von sehr verschiedener Dicke (von 0,2 mm bis 1 mm Durchmesser) zur Temperaturbestimmung. Hierbei ergab sich erst bei ziemlich dicken Drähten eine merkliche Abhängigkeit der Temperatur von der Dicke des eingeführten Drahtes. Auch aus der Tatsache, daß sich die an einer in unmittelbarer Nähe des Drahtes befindlichen Flammenstelle gemessene schwarze Temperatur beim Entfernen des Drahtes nur unwesentlich änderte, wenn der Draht nicht allzu dick war, folgt, daß die durch die Einführung dünner Drähte hervorgerufene Störung der Flamme zu vernachlässigen ist.

Ein weiterer Punkt, der bei dieser Methode der Temperaturbestimmung zu erörtern ist, ist der Umstand, daß Platin und Kohlenstoff besonders bei hohen Temperaturen leicht Verbindungen eingehen und hierdurch die Beschaffenheit der Drahtoberfläche verändert werden könnte. Eine derartige Veränderung ließ sich zwar nicht mit Sicherheit feststellen, möglicherweise aber ist die Beobachtung, daß sich nach mehrfacher Benutzung eines Drahtes der Temperaturpunkt des Einsetzens bez. Aufhörens der Rußabscheidung nicht mehr so deutlich wie anfangs feststellen ließ, mit der oben erwähnten Tatsache der Karbidbildung des Platins in Verbindung zu bringen. Um aber über den eventuellen Einfluß dieser möglichen Fehlerquelle Aufschluß zu gewinnen, haben wir an sehr kühlen Flammen zur Temperaturbestimmung außer Platindrähten auch Golddrähte benutzt und sind innerhalb der Fehlergrenzen zu den gleichen Resultaten gekommen, was darauf hinweist, daß die erwähnte Möglichkeit der Verbindung von Kohlenstoff und Platin nicht merklich in Betracht kommt.

Die oben angegebene Temperatur der Hefnerkerze von 1690 ° abs. ist daher als der endgültige Temperaturwert dieser Flamme zu betrachten.

Um die Messungen an Golddrähten durchführen zu können, gelangten Petroleumflammen zur Untersuchung, deren Temperatur bis zu 1150 ° abs. herab dadurch verändert werden konnte, daß man die Flammen mehr oder weniger stark rußen ließ. Die Temperaturen dieser Flammen wurden gleichzeitig nach einer von Kurlbaum angegebenen Methode [1]) ermittelt, und es ergab sich eine befriedigende Übereinstimmung der auf beiden Wegen erhaltenen Temperaturwerte.

Auch bei der Hefnerkerze kann ein Vergleich der nach der vorliegenden Methode bestimmten Temperatur mit nach anderen Methoden erhaltenen Werten gezogen werden. Kurlbaum [2]) erhält als Wert der Temperatur [3]) 1711 ° abs., Ladenburg [4]) auf zwei Wegen die Werte 1715 ° abs. und 1688 ° abs. und Becker [5]) 1680 ° abs., während der aus unseren Messungen folgende Wert sich zu 1690 ° abs. ergibt.

Dies Ergebnis, daß die nach der hier angegebenen Methode erhaltenen Temperaturen mit auf gänzlich anderen Wegen gewonnenen Werten in gutem Einklang stehen, läßt die Berechtigung der zugrunde gelegten Annahme erkennen.

Andererseits ist es auf Grund des hier angegebenen Kriteriums der Rußabscheidung auch möglich, aus der bekannten Temperatur einer Flamme das unbekannte Absorptionsvermögen eines in die Flamme eingeführten Körpers zu ermitteln.

---

1) F. Kurlbaum, diese Zeitschr. 3, 187 u. 332, 1902.

2) l. c.

3) Da die in der vorliegenden Arbeit angegebenen Temperaturwerte in der Temperaturskala angegeben sind, die auf dem Werte 14370 der Konstanten c_2 des Planckschen Gesetzes aufgebaut ist, die Werte der genannten Autoren aber höchst wahrscheinlich noch auf dem Werte $c_2 = 14600$ beruhen, haben wir ihre Angaben um die aus diesem Unterschied folgende Temperaturdifferenz von 10 bis 11 ° erhöht.

4) R. Ladenburg, diese Zeitschr. 7, 697, 1906.

5) A. Becker, Ann. d. Phys. 28, 1017, 1909.

Breslau, Physikalisches Institut der Universität, im Februar 1918.

(Eingegangen 14. Februar 1918.)

Über die Anwendbarkeit der kinetischen Gastheorie auf das Fixsternsystem.

Von J. Lense.

§ 1. Da in jüngster Zeit der Gedanke, das Fixsternsystem nach den Methoden der kinetischen Gastheorie zu behandeln, von C. V. L. Charlier in mehreren Arbeiten zur Geltung gebracht wurde, dürfte es von Interesse sein, zu erfahren, welches der Zustand eines Gases sei, dessen Modell im großen durch das Sternsystem gegeben ist. Zu dem Ende vergleichen wir es mit Wasserstoff bei 0^0 C und 760 mm Druck. Beides sind Ansammlungen von Individuen, die einmal durch die Wasserstoffmoleküle, das andere Mal durch die Sterne repräsentiert werden. Um gleiche Verhältnisse in beiden Fällen vor Augen zu haben, nehmen wir die Sterne untereinander von gleicher Größe und Masse wie die Sonne an und ersetzen das Milchstraßensystem durch einen kugelförmigen Haufen mit einem Radius von 10^9 Erdbahnradien, der 10^9 solche der Sonne gleiche Sterne enthält. Diese Annahme wurde von H. Poincaré[1]) diskutiert und auch von Charlier[2]) adoptiert. Sie dürfte beiläufig die Verhältnisse im Fixsternsystem wiedergeben. Die astronomische Volumseinheit, ein Würfel, dessen Seite gleich ist der mittleren Distanz Erde—Sonne, enthält also $\frac{3 \cdot 10^{-18}}{4\pi}$ Sterne. Da ferner die Masse der Sonne als astronomische Masseneinheit gilt, ist durch diese Zahl auch die mittlere Dichte $\bar{\varrho}$ des Sternsystems in astronomischen Einheiten gegeben. Wir wählen im folgenden als Maßsystem für das Gas das cm g sec-System, als Einheiten für das Milchstraßensystem Erdbahnradius, Sonnenmasse und tropisches Jahr. Ferner bezeichnen wir die auf das Gas bezüglichen Größen immer mit denselben Buchstaben wie die entsprechenden bei den Sternen, nur mit Strichen versehen.

Zuerst berechnen wir das Dichteverhältnis und die mittlere Entfernung zweier Individuen in beiden Systemen, letztere ausgedrückt in Molekül- ($d' = 2{,}17 \cdot 10^{-8}$ cm), bzw. Sonnendurchmessern ($d = 0{,}009305$). 1 cm³ Wasserstoff enthält unter den erwähnten Bedingungen $N' = 2{,}7 \cdot 10^{19}$ Moleküle (Loschmidtsche Zahl), während es bei völlig dichter Raumerfüllung durch die Molekeln deren $\frac{6}{\pi d'^3} = 1{,}87 \cdot 10^{23}$ fassen würde; die mittlere Distanz zweier Wasserstoffmoleküle liefert uns die Formel

$$D' = \frac{1}{d' \sqrt[3]{N'}} = 15{,}4 \text{ Moleküldurchmesser.}$$

Beim Sternhaufen dagegen kommen in einem mit $1{,}87 \cdot 10^{23}$ Sternen inhaltsgleichen Raume — sein Volumen ist

$$V = \left(\frac{d}{d'}\right) = 7{,}86 \cdot 10^{16} \text{ —}$$

nur $N = 0{,}0188$ Sterne vor. Die mittlere Sterndistanz ist hier

$$D = \frac{1}{d} \sqrt[3]{\frac{V}{N}} = 1{,}73 \cdot 10^8 \text{ Sonnendurchmesser.}$$

Die Moleküle sind also im Wasserstoff

$$\frac{N'}{N} = 1{,}44 \cdot 10^{21}$$

mal dichter angeordnet als die Sterne im galaktischen System. Da der Druck eines Gases bei konstanter Temperatur der Dichte proportional ist, würde Wasserstoff, dessen Molekeln mit derselben Dichte verteilt wären wie die Sterne, bei 0^0 C unter einem Drück von $5{,}28 \cdot 10^{-19}$ mm stehen.

§ 2. Betrachten wir jetzt die Zusammenstöße. Bekanntlich ersetzte Maxwell seine erste Annahme von gleich großen, vollkommen elastischen, kugelförmigen Gasmolekülen, die sich zwischen zwei Stößen geradlinig und gleichförmig bewegen, später durch eine zweite, wonach die Teilchen von gleicher Masse, sonst aber von beliebiger Gestalt sind, die einander bei kleiner gegenseitiger Entfernung mit einer Kraft abstoßen, umgekehrt proportional der fünften Potenz der Distanz, und sich außerhalb dieser Wirkungssphäre wieder gleichförmig und geradlinig bewegen. Dadurch treten an Stelle der elastischen Stöße sog. Vorübergänge, d. h. wenn ein Molekül bei einem andern innerhalb seiner Wirkungssphäre „vorübergeht", wird es durch die abstoßende Kraft aus seiner geradlinigen Bahn solange abgelenkt, bis es wieder die Wirkungssphäre, jetzt in einer anderen Richtung, verläßt; die elastischen Stöße lassen sich als Spezialfall dieser Vorübergänge auffassen.

Bei den Sternen gibt es offenbar überhaupt keine rein elastischen Stöße, sondern nur solche Vorübergänge und Zusammenstöße, die man eher als unelastisch ansehen wird. Die Ablenkung während des Vorüberganges erfolgt hier unter der Herrschaft der Newtonschen Kraft. Bezeichnet N die Molekül- oder Sternzahl in der Volumseinheit, σ den Radius der Wirkungssphäre und $\bar{c}$ die mittlere Molekül- oder Sterngeschwin-

1) H. Poincaré, Leçons sur les hypothèses cosmogoniques. Paris 1913, S. 260.

2) C. V. L. Charlier, Notes on Statistical Mechanics. Meddel. Nr. 69 u. 70, Lund 1915.

digkeit, so folgen die Zahl Γ der Vorübergänge, die mittlere freie Weglänge λ und Wegzeit τ zwischen zwei Vorübergängen aus den Maxwellschen Formeln

$$\Gamma = \sqrt{2}\,\pi N \sigma^2 \bar{c}$$

$$\lambda = \frac{\bar{c}}{\Gamma}$$

$$\tau = \frac{1}{\Gamma}.$$

Bei den Gasen pflegt man für σ den Moleküldurchmesser d zu setzen, man erhält also für Wasserstoff, weil $\bar{c} = 1{,}7 \cdot 10^5$ cm sec^{-1},

$\Gamma = 9{,}54 \cdot 10^9$ pro Sekunde
$\lambda = 1{,}78 \cdot 10^{-5}$ cm $= 820$ Moleküldurchmesser
$\tau = 1{,}05 \cdot 10^{-10}$ sec.

Über den Radius der Wirkungssphäre eines Sternes wurden verschiedene Annahmen gemacht. G. Jäger[1]) setzt dafür den hundertfachen Erdbahnradius, Charlier einmal den Sonnendurchmesser, dann den Erdbahnhalbmesser, schließlich die halbe mittlere Sterndistanz[2]). In unseren Einheiten ist $N = 2{,}39 \cdot 10^{-19}$, $\bar{c} = 5{,}78$ ($= 27{,}4$ km/sec), daher

$\sigma = 0{,}009305$ (= Sonnendurchm.),	$\Gamma = 5{,}32 \cdot 10^{-22}$ pro Jahr,	$\lambda = 1{,}09 \cdot 10^{22} = 1{,}17 \cdot 10^{24}$ S.-D.,	$\tau = 1{,}88 \cdot 10^{21}$ Jahre
1 (= Erdbahnradius)	$6{,}14 \cdot 10^{-18}$	$9{,}42 \cdot 10^{17}$	$1{,}01 \cdot 10^{20}$
			$\tau = 1{,}63 \cdot 10^{17}$ Jahre
100	$6{,}14 \cdot 10^{-14}$	$9{,}42 \cdot 10^{13}$	$1{,}01 \cdot 10^{16}$
			$\tau = 1{,}63 \cdot 10^{13}$ Jahre
$8{,}06 \cdot 10^5$ (= halbe mittl. Sterndist.)	$3{,}98 \cdot 10^{-6}$	$1{,}45 \cdot 10^6$	$1{,}56 \cdot 10^8$
			$\tau = 2{,}51 \cdot 10^5$ Jahre

Die erste Zeile bezieht sich auf die wirklichen Zusammenstöße, die drei andern auf Vorübergänge.

§ 3. Es ist klar, daß bei gleicher mittlerer Geschwindigkeit die Gesamtwirkung des Systems auf das Individuum um so weniger seine geradlinige Bahn krümmen wird, je kürzer die mittlere freie Weglänge ist. Um die Verhältnisse genauer zu überblicken, berechnen wir die Größe dieser Wirkung. Wir denken uns zu diesem Zweck einen kugelförmig geschichteten Haufen von kleinen Kugeln, die einander nach dem Newtonschen Gesetz anziehen. Die Dichte ϱ sei eine Funktion der Entfernung r vom Zentrum und ebenso wie die Geschwindigkeitsverteilung von der Zeit unabhängig. In diesem Fall ist die Bewegung eines Individuums eine Zentralbewegung um den Mittelpunkt des Haufens. Bedeuten r_0 und c_0 Radiusvektor und Geschwindigkeit zur Zeit $t = t_0$, C und V Flächengeschwindigkeit und Potential, so liefert der Energiesatz

$$\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + \frac{C^2}{r^2} - c_0^2 = 2V,$$

wobei

$$V = 4\pi k^2 \int_{r_0}^{r} \frac{dr}{r^2} \int_0^r \varrho\, r^2\, dr,$$

(k^2 = Gravitationskonstante)

daher

$$\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 = c_0^2 - \frac{C^2}{r^2} - 8\pi k^2 \int_{r_0}^{r} \frac{dr}{r^2} \int_0^r \varrho\, r^2\, dr.$$

Soll die Bahn ein Kreis sein, so muß $C = r_0 c_0$ sein und $\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 = 0$ für $r = r_0$ eine Doppelwurzel haben, also

$$\frac{2C^2}{r_0^3} - \frac{8\pi k^2}{r_0^2} \int_0^r \varrho\, r^2\, dr = 0,$$

oder mit Weglassung des Index 0

$$c^2 = \frac{4\pi k^2}{r} \int_0^r \varrho\, r^2\, dr.$$

Führen wir noch die mittlere Dichte

$$\bar{\varrho} = \frac{3}{r^3} \int_0^r \varrho\, r^2\, dr$$

ein, so lautet die Beziehung zwischen Kreisradius und Geschwindigkeit

$$c^2 = \frac{4\pi k^2}{3} \bar{\varrho}\, r^2. \qquad (1)$$

Die Umlaufszeit U wird daher

$$U = \frac{2\pi r}{c} = \sqrt{\frac{3\pi}{k^2 \bar{\varrho}}}, \qquad (2)$$

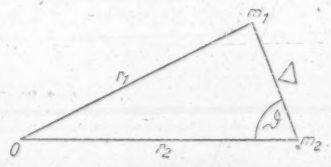
1) G. Jäger, Folgerungen aus den Eigenbewegungen der Fixsterne. Monatshefte für Math. u. Phys. Wien 1891.
2) C. V. L. Charlier, Statistical Mechanics based on the Law of Newton. Meddel. Serie II, Nr. 16, Lund 1917.

ist demnach unabhängig vom Halbmesser des Kreises und der Bahngeschwindigkeit.

Wenden wir diese Formel auf den Wasserstoff an. 1 cm³ dieses Gases wiegt bei 0° C und 760 mm Druck $8{,}98 \cdot 10^{-5}$ g, $k^2 = 6{,}68 \cdot 10^{-8}$, folglich ist $U = 1{,}25 \cdot 10^{6}$ sec. Das Molekül würde hiernach auf seiner Kreisbahn BU Stöße mitmachen, wenn B die Stoßzahl für ein mit der bestimmten Geschwindigkeit c bewegtes Teilchen bedeutet. c ist solange kleiner als die mittlere Molekulargeschwindigkeit des Wasserstoffs, als $r < 3{,}38 \cdot 10^{16}$ cm, wie sich leicht aus Formel (1) ergibt. Die Stoßzahl B für ein Molekül mit bestimmter Geschwindigkeit c erhält man aber nach O. E. Meyer[1]), indem man Γ mit einem gewissen Reduktionsfaktor multipliziert, der zwischen $\frac{1}{\sqrt{2}}$ und 1 variiert, wenn c zwischen 0 und $\bar{c}$ liegt. Wir ändern also nichts an der Größenordnung unserer Resultate, wenn wir B durch Γ ersetzen. Das Wasserstoffmolekül würde somit auf seiner Kreisbahn $0{,}19 \cdot 10^{16}$ Stöße erfahren, d. h. es kann den ganzen Kreis gar nicht beschreiben, sondern nur $\left(\frac{360}{1{,}19 \cdot 10^{16}}\right)^0$ im Mittel, dann wird es schon durch einen Stoß aus ihm abgelenkt. Dieses kurze Kreisbogenstück kann aber als geradlinig angesehen werden; die Gesamtwirkung der Gaskugel krümmt hiermit die Molekülbahn nicht und kann infolgedessen vernachlässigt werden. Die Bewegung eines Moleküls erfolgt nur unter der Einwirkung der einzelnen Teilchen, in deren Wirkungssphäre es gerät. Für Gebiete nahe der freien Oberfläche einer Gasmasse gelten diese Überlegungen allerdings nicht, denn dort wächst schließlich der freie Weg über alle Grenzen, es kommen sonach fast gar keine Stöße mehr vor, das Molekül beschreibt unter dem Einfluß der ganzen Gaskugel einen Kegelschnitt.

Im Fixsternsystem ist in den gewählten Einheiten $k = 2\pi$, $\varrho = \frac{3 \cdot 10^{-18}}{4\pi}$, daher $U = 10^{9}$ Jahre, währenddessen der Stern $5{,}32 \cdot 10^{-13}$ Zusammenstöße erfährt, d. h. er könnte den Kreis $1{,}88 \cdot 10^{12}$ mal durchlaufen, ehe er mit einem andern effektiv zusammenstieße. Die einschränkenden Bemerkungen, die bei der Gaskugel gemacht wurden, gelten auch hier.

§ 4. Hinsichtlich der Vorübergänge müssen wir uns vor allem darüber klar werden, welche Entfernung als Wirkungssphäre eines Sternes angesehen werden soll, da ja drei voneinander ziemlich verschiedene Vorschläge vorliegen. Wir wollen versuchen, eine strengere Definition durch folgenden in der Theorie der Kaptur der Kometen benutzten Gedankengang zu gewinnen: Jeder Stern steht im allgemeinen unter der Einwirkung des gesamten Milchstraßensystems, das wir uns zur Vereinfachung der Formeln für unsere Überschlagsrechnungen als kugelförmig geschichteten Sternhaufen vorstellen. Es ist nun möglich, daß er im Laufe der Zeit im Haufen einem andern Stern so nahe kommt, daß sich eine störende Einwirkung dieses Sternes auf die durch die Gesamtanziehung aller Sterne bedingte Bahn des ersten bemerkbar macht. Bei immer weiterer Annäherung wird schließlich seine Bewegung hauptsächlich unter der Wirkung des Nachbarsterns stattfinden, während sich die Gesamtanziehung des Haufens nur mehr als Störung dieser neuen Bahn äußert. In dem Augenblick haben beide Sterne eine bestimmte Entfernung σ, die als Radius der Wirkungssphäre definiert werden soll. Seine Berechnung gestaltet sich folgendermaßen:



Es seien (s. Figur) m_1, x_1, y_1, z_1, r_1 Masse, rechtwinklige Koordinaten (auf den Massenmittelpunkt O des Haufens bezogen) und Radiusvektor des einen Sternes, m_2, x_2, y_2, z_2, r_2 die analogen Größen für die andern und Δ ihre gegenseitige Entfernung. Dann lauten die Differentialgleichungen der Bewegung für m_1

$$\frac{d^2 x_1}{dt^2} = -\frac{4\pi k^2 x_1}{r_1^3}\int_0^{r_1} \varrho r^2\, dr - \frac{k^2 m_2 (x_1 - x_2)}{\Delta^3},$$

$$\frac{d^2 y_1}{dt^2} = -\frac{4\pi k^2 y_1}{r_1^3}\int_0^{r_1} \varrho r^2\, dr - \frac{k^2 m_2 (y_1 - y_2)}{\Delta^3},$$

$$\frac{d^2 z_1}{dt^2} = -\frac{4\pi k^2 z_1}{r_1^3}\int_0^{r_1} \varrho r^2\, dr - \frac{k^2 m_2 (z_1 - z_2)}{\Delta^3};$$

die für m_2 erhält man durch Vertauschung der Stellenzeiger 1 und 2. Es treten also neben der Gesamtanziehung, die durch die ersten Glieder der rechten Seiten repräsentiert wird, noch Glieder auf, welche die störende Wirkung des andern Sternes darstellen. Auf den Stern m_1

1) O. E. Meyer, Die kinetische Theorie der Gase, Breslau 1899.

wirken sonach der Massenmittelpunkt O mit der anziehenden Kraft

$$K = \frac{4\pi k^2}{r_1^2}\int_0^{r_1} \varrho r^2\, dr$$

und der zweite Stern m_2 mit der störenden Kraft

$$K' = \frac{k^2 m_2}{\Delta^2}.$$

Wir beziehen nun die Koordinaten von m_1 auf m_2 als Ursprung, führen also

$$\xi = x_1 - x_2$$
$$\eta = y_1 - y_2$$
$$\zeta = z_1 - z_2$$

ein und erhalten als Differentialgleichungen für m_1

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = -4\pi k^2\left(\frac{x_1}{r_1^3}\int_0^{r_1}\varrho r^2 dr - \frac{x_2}{r_2^3}\int_0^{r_2}\varrho r^2 dr\right) - \frac{k^2(m_1+m_2)\,\xi}{\Delta^3}$$

und zwei analoge für η und ζ. Wir können sagen, auf m_1 wirkt m_2 mit der anziehenden Kraft

$$L = \frac{k^2(m_1+m_2)}{\Delta^2}$$

und O mit der störenden Kraft

$$L' = 4\pi k^2\sqrt{\left(\frac{1}{r_1^2}\int_0^{r_1}\varrho r^2 dr\right)^2 + \left(\frac{1}{r_2^2}\int_0^{r_2}\varrho r^2 dr\right)^2 - \frac{2(x_1x_2+y_1y_2+z_1z_2)}{r_1^3 r_2^3}\int_0^{r_1}\varrho r^2 dr\int_0^{r_2}\varrho r^2 dr}.$$

Wir definieren jetzt die Wirkungssphäre von m_2 gemäß obigem Gedankengange durch die Gleichung

$$\frac{K}{K'} = \frac{L}{L'}, \qquad (3)$$

liefert diese Definitionsgleichung Δ als Funktion von r_2 und ϑ, welche Funktion nichts anderes als den Radius σ der Wirkungssphäre bedeutet. Im allgemeinen (außer den zentralen Partien) wird Δ klein gegenüber r_2 sein, weswegen wir eine Potenzreihenentwicklung nach $u = \frac{\Delta}{r_2}$ vornehmen wollen. Wir erhalten danach

Wegen der Beziehung

$$r_1^2 = r_2^2 + \Delta^2 - 2r_2\Delta\cos\vartheta$$

$$r_1 = r_2(1 - 2u\cos\vartheta + u^2)^{1/2} = r_2\left(1 - u\cos\vartheta + \frac{1}{2}u^2\sin^2\vartheta + \ldots\right)$$

$$\cos\vartheta = \frac{x_2(x_2-x_1)+y_2(y_2-y_1)+z_2(z_2-z_1)}{\Delta r_2} = \frac{1}{u} - \frac{x_1x_2+y_1y_2+z_1z_2}{r_2^2 u}$$

$$(1 - 2u\cos\vartheta + u^2)^{-2} = 1 + 4u\cos\vartheta + 2u^2(6\cos^2\vartheta - 1) + \ldots$$

$$(1 - 2u\cos\vartheta + u^2)^{-3/2} = 1 + 3u\cos\vartheta + \frac{3}{2}u^2(5\cos^2\vartheta - 1) + \ldots$$

$$(1 - u\cos\vartheta)(1 - 2u\cos\vartheta + u^2)^{-3/2} = 1 + 2u\cos\vartheta + \frac{3}{2}u^2(3\cos^2\vartheta - 1) + \ldots$$

$$I_1 = \int_0^{r_1}\varrho r^2 dr$$

$$I_2 = \int_0^{r_2}\varrho r^2 dr$$

$$I_1 = I_2 - \varrho r_2^3 u\cos\vartheta + \frac{1}{2}r_2^3u^2\left[\varrho(1+\cos^2\vartheta) + r_2\frac{d\varrho}{dr_2}\cos^2\vartheta\right] + \ldots$$

$$I_1^2 = I_2^2\left\{1 - \frac{1}{I_2}r_2^3\varrho u\cos\vartheta + \frac{1}{I_2}r_2^3u^2\left[\varrho(1+\cos^2\vartheta) + \left(\frac{r_2^3\varrho^2}{I_2} + \frac{d\varrho}{dr_2}\right)r_2\cos^2\vartheta\right] + \ldots\right\}$$

$$I_1 I_2 = I_2^2\left\{1 - \frac{1}{I_2}r_2^3\varrho u\cos\vartheta + \frac{1}{2I_2}r_2^3u^2\left[\varrho(1+\cos^2\vartheta) + r_2\frac{d\varrho}{dr_2}\cos^2\vartheta\right] + \ldots\right.$$

$$K = \frac{4\pi k^2 I_1}{r_2^2}(1 - 2u\cos\vartheta + u^2)^{-1}$$

$$K' = \frac{k^2 m_2}{r_2^3 u^2}$$

$$L = \frac{k^2 (m_1 + m_2)}{r_2^3 u^2}$$

$$L' = \frac{4\pi k^2}{r_2^2} \sqrt{I_1^2 (1 - 2u\cos\vartheta + u^2)^{-2} + I_2^2 - 2 I_1 I_2 (1 - u\cos\vartheta)(1 - 2u\cos\vartheta + u^2)^{-3/2}}$$

$$= \frac{4\pi k^2 I_2 u}{r_2^2} \sqrt{1 + 3\cos^2\vartheta + \frac{1}{I_2} r_2^3 \varrho \cos^2\vartheta (r_2^2 \varrho - 4 I_2) + \dots}$$

In dem Ausdruck für L' ist ϱ als Funktion von r_2 einzusetzen; weil aber L' bezüglich der kleinen Größe u von der ersten Ordnung ist, wählen wir zur Vereinfachung

$$\varrho = \bar{\varrho} = \frac{3 I_2}{r_2^3},$$

wodurch sich der Wurzelausdruck auf 1 reduziert. Da ferner nach unseren Annahmen $m_1 = m_2 = m$, somit $\bar{\varrho} = Nm$, so lautet schließlich Gleichung (3) bis auf Glieder fünfter Ordnung bezüglich u

$$\frac{8}{9} \pi^2 N^2 r_2^6 u^5 = 1,$$

oder, wenn wir den Index weglassen,

$$\sigma = ur = \sqrt[5]{\frac{9}{8\pi^2 N^2 r}}. \qquad (4)$$

In Einheiten der mittleren Sterndistanz

$$D = \frac{1}{\sqrt[3]{N}}$$

folgt hiernach

$$\beta = \frac{\sigma}{D} = 10 \sqrt[5]{20} \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi}} r^{-1/5} = 11{,}30\, r^{-1/5}.$$

Aus dieser Formel berechnen wir folgende Tabelle:

$\frac{r}{10^8} =$	1	2	3	4	5
$\beta =$	0,2839	0,2471	0,2279	0,2151	0,2057
$\frac{r}{10^8} =$	6	7	8	9	10
$\beta =$	0,1984	0,1924	0,1873	0,1829	0,1791.

Mit Ausnahme der Zentral- und Randgebiete des Haufens können wir infolgedessen im Mittel $\beta = 1/5$ annehmen und erhalten damit

$\Gamma = 6{,}376 \cdot 10^{-7}$ pro Jahr,
$\lambda = 9{,}06 \cdot 10^6$ Erdbahnradien,
$= 9{,}74 \cdot 10^8$ Sonnendurchmesser,
$\tau = 1{,}57 \cdot 10^6$ Jahre.

Setzen wir voraus, der Stern bewege sich mit der Geschwindigkeit c auf dem entsprechenden Kreise vom Radius r infolge der Gesamtanziehung des Systems, so resultiert aus (1), (2) und (4) für die Anzahl der Vorübergänge während eines Umlaufs

$$\Gamma_u = \sqrt{2\pi N \sigma^2 c U} = \pi \sqrt[10]{8} \sqrt[5]{81\pi N r^3}$$

$$= \frac{3\pi}{\sqrt[10]{2}} \cdot 10^{-11/5} r^{3/5},$$

daher

$\Gamma_u = 139$ für $r = 10^8$ und $\Gamma_u = 555$
für $r = 10^9$, hiermit $\Gamma_u = 347$

im Mittel.

Der Stern legt also ungefähr $1-3^0$ zurück, ohne in die Wirkungssphäre eines andern zu gelangen. Die Krümmung eines so kurzen Kreisbogenstückes kann aber vernachlässigt werden. Da ferner die Gesamtwirkung des Haufens wegen seiner symmetrischen Gestalt in der Zentralregion verschwindet, so kann man von ihr auch im Fixsternsystem (mit Ausnahme der Randpartien) ebenso wie bei der Gaskugel absehen.

§ 5. Zusammenfassend kann man also sagen: Gaskugel und Sternsystem sind Ansammlungen sehr vieler Einzelteilchen, die einander nach dem Newtonschen Gesetz anziehen und sich infolgedessen nicht unbegrenzt ausdehnen, sondern geschlossene Systeme bilden. Trotz der bei beiden so verschiedenen Dichte bewegen sich die Teilchen mit solchen Geschwindigkeiten, daß die zwischen zwei Vorübergängen liegende freie Bahn im allgemeinen als geradlinig angesehen werden kann. Allerdings sind die Dimensionen äußerst verschieden. Während im Gas die winzigen Moleküle in unmeßbar kurzer Zeit ihre minimale freie Wegstrecke zurücklegen, brauchen die Sonnen des Sternenalls Jahrmillionen, um von der Nachbarschaft eines Sternes in die un-

geheuer weit entfernte eines andern zu gelangen, durchwandern aber während dieser Zeit infolge ihrer Geschwindigkeit und der wegen der riesigen gegenseitigen Entfernung äußerst schwachen Gesamteinwirkung der übrigen Sterne im allgemeinen ebenfalls fast geradlinige Wege. Als störende Nachbarschaft oder Wirkungssphäre eines Sternes kann eine mit dem fünften Teil der mittleren Sterndistanz als Radius um seinen Mittelpunkt geschlagene Kugel gelten. Die überaus große freie Wegzeit macht es begreiflich, daß Charlier für die sog. Relaxationszeit, d. i. der Größenordnung nach diejenige Zeit, welche das System braucht, um infolge der Vorübergänge als wahrscheinlichsten stationären Zustand die Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung anzunehmen, die enorme Zahl von 10^{16} Jahren erhält, während sie nach Jeans für die Gase nur 10^{-10} sec beträgt.

R. Emden[1]) stellt in seinem Buche über Gaskugeln folgende drei Bedingungen für die Anwendbarkeit der statistischen Methoden der kinetischen Gastheorie auf:

1. Die Masse eines Teilchens muß klein sein gegenüber der des ganzen Systems;

2. die mittlere freie Weglänge muß klein sein gegenüber den Abmessungen des Systems;

3. die mittlere freie Wegzeit muß klein sein gegenüber den in Betracht kommenden Zeiten.

Sehen wir als mittlere freie Weglänge und -zeit im Sinne der zweiten Annahme Maxwells den zwischen zwei Vorübergängen zurückgelegten Weg, bzw. die entsprechende Zeit an, so dürften nach dem Vorausgehenden diese Bedingungen als erfüllt gelten, die Anwendung der statistischen Methode der Gastheorie auf das Fixsternsystem ist erlaubt, wenn wir nur genügend lange Zeiträume zulassen. Allerdings haben wir verschiedene, nicht exakt zutreffende Voraussetzungen gemacht, wie z. B. Massen- und Volumsgleichheit aller Sterne mit der Sonne, ihre Unveränderlichkeit bei effektiven Zusammenstößen, überhaupt Vernachlässigung der Wirkung dieser Stöße, kugelförmige Gestalt des Systems, um das Problem rechnerisch leichter behandeln zu können; da es sich aber nur um die Größenordnung der betreffenden Zahlen handelte, um die Anwendbarkeit der statistischen Methode festzustellen, dürften diese Annahmen nicht unerlaubt sein. Damit ist jedoch keineswegs behauptet, daß sich das Fixsternsystem ganz analog wie ein Gas verhalte. Dies kann erst durch ein bedeutend größeres Beobachtungsmaterial entschieden werden, als gegenwärtig vorliegt. So z. B. arbeiten die wirklichen Zusammenstöße, die eine Konzentration und Differenzierung zur Folge haben, der ausgleichenden Wirkung der Vorübergänge geradezu entgegen.

Es möge noch erwähnt werden, daß Bedingung 2 eine Folge von 1 ist, wie sich leicht aus unseren Betrachtungen schließen läßt. Bedingung 1 lautet ja exakt formuliert so: Es muß möglich sein, ein gegen die Abmessungen des ganzen Systems kleines Volumenelement anzugeben, das selbst noch genügend viele Individuen enthält. Wählen wir nun die Seite dieses Elementarwürfels zur Längeneinheit und setzen beispielsweise voraus, es seien drinnen 100 Sterne vorhanden, so wäre für den Halbmesser des ganzen Haufens mindestens ungefähr 100 zu nehmen, sonach würde r, da die zentralen Teile ausgenommen sind, etwa zwischen 10 und 100 variieren. Mit den ungünstigsten Werten $N = 100$, $r = 10$ erhalten wir aber für die mittlere freie Weglänge aus Gleichung (5)

$$\lambda = \frac{360}{\Gamma_n} = \frac{6}{\pi} \sqrt[10]{\frac{1152}{\pi^2}} = 3^0,$$

d. h. Bedingung 2 ist erfüllt.

Wien, im März 1918.

(Eingegangen 20. März 1918.)

1) R. Emden, Gaskugeln. Leipzig u. Berlin 1907, S. 239.

Galvanischer Unterbrecher.

Von Witold Kasperowicz.

Außer den schon allgemein bekannten elektrolytischen Unterbrechern sind auch Unterbrecher mit galvanisch leitender Flüssigkeit nach ähnlichem Prinzip möglich. Im folgenden wird ein galvanischer Unterbrecher beschrieben, der eine gewisse Analogie mit dem Simon-Unterbrecher aufweist, es wird jedoch anstatt einer elektrolytisch leitenden Flüssigkeit eine galvanisch leitende benutzt. Schon bei den ersten Versuchen des Verfassers zeigte es sich, daß die Erscheinungen beim Unterbrechen und die Anwendbarkeit eines solchen galvanischen Unterbrechers von denen bei den elektrolytischen Unterbrechern verschieden sind. Als galvanisch leitendes flüssiges Medium wurde Quecksilber benutzt. Eine einfache Anordnung eines solchen

Unterbrechers besteht aus zwei ineinander geschobenen, mit Quecksilber gefüllten Gefäßen aus einem isolierenden Material (Porzellan, Quarz, Glas oder anderem), welche mit entsprechenden, in das Quecksilber eintauchenden Stromzuführungen versehen sind. Eine kleine Öffnung in dem inneren Gefäß erlaubt den Kontakt zwischen den beiden Quecksilbermassen in Form eines kurzen und dünnen Quecksilberfadens herzustellen. Eine andere einfache Ausführung besteht aus einem kleinen, mit Quecksilber gefüllten Gefäß, das durch eine isolierende Zwischenwand in zwei Teile getrennt ist, wobei eine Öffnung in der Zwischenwand den Kurzschluß herzustellen ermöglicht.

Eine besonders für Demonstrationszwecke geeignete Vorrichtung besteht aus einem U-förmigen, mit Quecksilber gefüllten Glas- oder Quarzrohr, das an der Biegungsstelle stark verjüngt ist. Wenn man einen solchen Unterbrecher in den Stromkreis einschaltet (Gleichstrom, auch Wechselstrom), so wird der Unterbrecher sozusagen überlastet, der Quecksilberfaden verdampft bei entsprechender Stromstärke mit Bildung eines kleinen Lichtbogens, der Strom wird stark heruntergedrückt bzw. unterbrochen. Der Quecksilberdampf kondensiert sich sehr schnell, das weggetriebene Quecksilber strömt zurück und es wird wieder ein Kurzschluß gebildet, der Unterbrechungsvorgang erneuert sich. Die zum Unterbrechen nötige Stromstärke ist von der Dicke und Länge des Quecksilberfadens und eventuell von seiner Form abhängig (wenn dieser nicht zylindrisch ist, sondern etwa konisch zusammenlaufend) und endlich von der Wärmeabgabe, welche wegen der guten Leitfähigkeit des Quecksilbers groß ist. Auch ist der Widerstand eines solchen Unterbrechers sehr klein, er eignet sich besonders zum Unterbrechen von Starkstrom. Ein Quecksilberfaden von 1 mm Querschnitt und mehreren Millimetern Länge unterbricht bei entsprechender Wärmeableitung einen Strom von etwa 200 Amp. Man kann selbstverständlich durch Änderung der Dicke und Länge des Quecksilberfadens oder auch der Spannung die Unterbrechungszahl verändern, oder auch den Unterbrecher für andere Stromstärken abstimmen, was auch durch Regelung der Kühlung erzielt werden kann. Endlich wird der Unterbrechungsvorgang beeinflußt, indem man den Unterbrecher unter Druck oder im Vakuum funktionieren läßt.

Man kann die galvanischen Unterbrecher auch nach dem Wehneltschen Prinzip konstruieren, indem man die Spitze eines dickeren Metallstabes in Quecksilber eingetaucht in Serie mit dem zu unterbrechenden Stromkreis einschaltet.

Zusatz: Es hat mir Prof. Simon mitgeteilt, daß schon Ruhmer auf die Möglichkeit eines galvanischen Unterbrechers hingewiesen hat.

(Eingegangen 16. März 1918.)

Aus der Ionenlehre der Gase.

Einige Demonstrationsversuche.

Von H. Greinacher.

Mit Tafel IV.

Potentialverlauf in einem stromdurchflossenen Gase.

Bei der Elektrizitätsleitung in Gasen ist es wichtig, den Potentialverlauf zwischen den Elektroden zu kennen. Während das Potentialgefälle in festen und flüssigen Leitern (bei gleichförmigem Leitungsquerschnitt) überall gleich ist, zeigt sich dieses im stromdurchflossenen Gase in charakteristischer Weise verändert. Man kommt gewöhnlich in den Fall, dies an einem durch Röntgenstrahlen ionisierten Plattenkondensator zu zeigen. Man stellt etwa den Potentialverlauf zwischen den Elektroden in der Weise fest, daß man eine isolierte Sonde anbringt und das Potential, das diese an verschiedenen Stellen annimmt, mittels eines geeichten Elektrometers mißt.

Wie im folgenden gezeigt wird, läßt sich der Potentialverlauf unmittelbarer verfolgen, wenn man ihn sozusagen direkt mit dem in einem Elektrolyten vergleicht. Die Anordnung, die sich sowohl für Demonstration als auch etwa für praktische radiologische Übungen geeignet erwiesen hat, ist in Fig. 1 skizziert. KK seien die Pole einer Hochspannungsbatterie, AB die

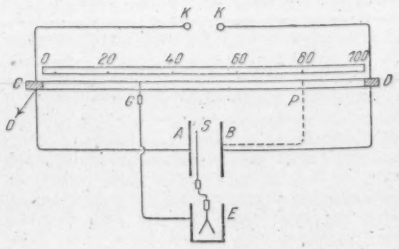


Fig. 1.

Platten, zwischen denen der Ionisierungsstrom fließt. Hierzu parallel ist als Elektrolyt ein Holzstab CD geschaltet. Die Sonde S, die zwischen A und B verschoben wird, ist mit einem gewöhnlichen Elektroskop verbunden, dessen Gehäuse andererseits zu einem auf dem Holzstab verschiebbaren Gleitkontakt führt. Das Potential an irgendeiner Stelle zwischen A und B wird nach dieser Brückenmethode in einfacher Weise dadurch gefunden, daß man G solange verschiebt, bis das Elektroskop keinen Ausschlag mehr zeigt. Der Abstand GC gibt dann ein Maß für die Potentialdifferenz zwischen S und A.

Zur praktischen Ausführung der Methode sei folgendes angeführt. Die erforderliche Hochspannung wurde mittels eines Gleichrichters, wie er seinerzeit beschrieben wurde[1]), erzeugt. CD war eine 2,5 cm dicke Buchenholzstange, die an den Enden mit zwei Messingzwingen versehen war. Der Abstand zwischen den Elektroden betrug 1 m. Der Gleitkontakt bestand aus einem durch einen Metallknopf beschwerten Drahthaken, der mittels eines isolierten Griffes seitlich verschoben werden konnte. Eine dünne Stricknadel wurde als Sonde verwendet. Auf die Platten A und B ($\Phi = 15$ cm) waren in der Mitte kreisförmige Bleche ($\Phi = 4$ cm), die durch Bestreichen mit schwacher Radiumlösung aktiv gemacht waren, geklebt. Die Aktivität der Bleche war derart, daß eines ein Elektroskop in etwas weniger als $^1/_2$ Minute zu entladen imstande war.

Das Elektroskop war ein Elster- und Geitelsches und direkt als Nullinstrument in der Brücke durchaus nicht geeignet. Um jedoch eine genügende Empfindlichkeit für Spannungsänderungen zu erhalten, wurde das Elektroskop in aufgeladenem Zustande verwendet. Dies läßt sich durch folgende kleine Modifikation des Meßverfahrens erreichen. Man stellt zu Anfang, wenn der Abstand $SA = 0$, d. h. S metallisch mit A verbunden ist, den Gleitkontakt nicht auf den Teilstrich 0, sondern etwa auf 20. Dann gibt das Elektroskop einen Ausschlag von $^1/_5$ der angelegten Hochspannung. Diesen Ausschlag hält man nun während der ganzen Messungsreihe konstant. Man geht sukzessive mit S nach rechts und fährt mit dem Gleitkontakt nach, bis jeweils der konstante Elektroskopausschlag erreicht ist. Die Verschiebung von G (gegenüber dem Teilstrich 20) gibt dann wieder die Potentialdifferenz SA. Natürlich kommt bei diesem Verfahren G schon bei D an, bevor S die Platte B erreicht, so daß man nicht ohne weiteres bis B messen kann. Um den ganzen Raum zwischen A und B ausmessen zu können, läßt sich folgendermaßen vorgehen: Es sei G z. B. bis 95 gekommen. Bis zu diesem Punkt hat G stets ein um AV höheres Potential als S gehabt. Man verschiebt nun G nach links, bis sein Potential um AV kleiner ist als das von S. Das Elektroskop zeigt dann denselben Ausschlag wie vorher. Die betreffende Stellung würde (theoretisch) bei $95 - 2 \times 20 = 55$ liegen. Nun mißt man wie früher weiter. Jetzt eilt S dem Kontakt G um ebensoviel voraus, als es früher zurücklag, läßt sich also bis B verschieben.

So leicht dieses Verfahren mittels Umstellen durchzuführen ist, so hat es doch zwei Nachteile. Zunächst wird ein Teil des Holzstabs bei einer Messungsreihe zweimal zum Messen benützt. Hat nun das Holz dort zufällig seine größten Inhomogenitäten, so kommen diese im Resultat doppelt zur Geltung. Sodann leidet doch die Durchsichtigkeit des Versuchs etwas. Man kann, um dies zu vermeiden, den Versuch auch in folgender zweiter Form ausführen.

Man bringt z. B. am Teilstrich 80 eine Abzweigung an (etwa eine Drahtschlinge) und verbindet B statt mit D mit dem Punkt P. Da die Leitfähigkeit des Holzes relativ groß gegenüber der Leitfähigkeit des ionisierten Gases ist, so wird auch bei dieser Abzweigung der Strom in CP praktisch derselbe wie in PD sein. Die Gleichförmigkeit des Potentialgefälles zwischen C und D wird also nicht gestört. Man beginnt nun die Messung ($SA = 0$) damit, daß man G z. B. auf 16 stellt. Mit der Sonde kann man jetzt ohne weiteres bis an B herangehen, weil sich G über den Punkt P hinaus verschieben läßt.

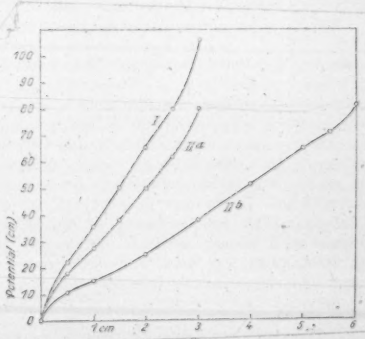


Fig. 2.

1) Diese Gleichrichter (siehe diese Zeitschr. 17, 343, 1916) werden von der Firma Huber, Müller & Co., Zürich, bis zu 10000 Volt Gleichspannung ausgeführt.

Einige Messungen, die nach den beiden Verfahren erhalten wurden, sind in Fig. 2 wiedergegeben. I ist durch Umstellen gewonnen. Die Abweichung vom theoretischen Endwert 100 beträgt hier, wohl aus dem oben erwähnten Grunde, mehrere Prozente. Die Kurven II sind nach dem zweiten Verfahren gewonnen. Die Spannung an KK betrug bei I: 1000 Volt, bei II: 1300 Volt.

Gasdruckänderung in stromleitendem Gase.

a) Im Spitzenstrom. Druckänderungen in einem Gase, das von Ionen durchwandert wird, sind von Chattock[1]) für Ionen bei der Spitzenentladung und von Zeleny[2]) bei der Ionisierung durch Röntgenstrahlen nachgewiesen worden. Die durch das elektrische Feld getriebenen Ionen erteilen durch ihren Anprall den getroffenen Gasmolekülen eine Beschleunigung. Diese wird entweder statisch durch eine Erhöhung des Gasdrucks kompensiert, oder sie äußert sich dynamisch durch Strömungen im Gas (elektrischer Wind). Bei der Spitzenentladung ist infolge des relativ starken Ionenstromes der Effekt so stark, daß man die Gasdruckerhöhung unschwer manometrisch beobachten kann. Chattock hat die Druckmessung zu einer einfachen Methode, die Ionenbeweglichkeiten zu bestimmen (l. c.), verwendet.

Man kann nun den Effekt des Ionendruckes in folgender, in Fig. 3 skizzierten Anordnung demonstrieren. Eine Nähnadelspitze S befindet sich etwa 1 cm über dem einen Schenkel eines mit einer Wasser-Alkoholmischung gefüllten Manometers. Die Flüssigkeitsoberfläche in dem ca. 7 mm weiten Rohr A liegt etwa 5 mm unter dem Rande. Der zweite Schenkel ist in der gezeichneten Weise ausgezogen und umgebogen. Die Kapillare ist außerdem etwas nach rückwärts gedreht, so daß die Manometeröffnung gegenüber der Spitze frei liegt. Man kann die Kapillare bzw. die Höhe der Wasserfüllung in A leicht so wählen, daß der Meniskus in B über dem in A erscheint, so daß beide mit der Spitze zusammen projiziert werden können. Die Wasseroberfläche im weiten Schenkel dient gleichzeitig als zweite, der Spitze gegenüberstehende Elektrodenfläche. Durch den Draht bei E ist die Flüssigkeit über ein Galvanoskop, das Mikroampere noch anzeigt, mit Erde verbunden. An die Nadelspitze legt man nun den einen Pol einer Elektrisiermaschine (kleinere Wimshurst), deren anderer Pol zur Erde abgeleitet ist. Sobald diese in Tätigkeit gesetzt wird, bewegt sich der Flüssigkeitsfaden 5 bis 10 mm nach links. Deckt man die Öffnung von A mit einem Glas-

Fig. 3.

plättchen ab, so daß der Spitzenstrom nicht mehr zu A fließt, so hört damit auch die Druckerhöhung in A auf, der Flüssigkeitsfaden geht zurück. Der Versuch geht gleich gut mit positiver und negativer Spitze. Jedoch kann man leicht zeigen, daß im ersten Fall, wo der Strom also von positiven Ionen getragen wird, der Druckunterschied etwas größer ausfällt.

Ja, man kann direkt das Verhältnis der Ionenbeweglichkeiten u_2/u_1 bestimmen. Denn es ist nach Chattock (l. c.) $u = \frac{kJ}{\Delta p}$, wo J den auf die Flüssigkeitsfläche treffenden Ionenstrom, Δp den hierdurch verursachten Druckunterschied bedeutet. Macht man bei positiver und negativer Spitze J gleich groß (durch passendes Drehen der Elektrisiermaschine), so ist direkt $u_2/u_1 = \Delta p_1/\Delta p_2$. Die Δp sind einfach durch die Verschiebungen des Flüssigkeitsfadens zu messen. Es wurden so eine Reihe von Messungen gemacht, die indes unter sich nicht allzugut übereinstimmten, jedoch für Demonstrationszwecke genügen können. Die Stromstärke betrug 8,4 Mikroampere. Folgende Werte seien beispielsweise angeführt:

Tabelle I.

Spitzenabstand cm	Δp_2 mm	Δp_1 mm	u_2/u_1
1	9,2	11,0	1,2
1	7,5	10,0	1,3
2	4,1	5,1	1,25

Es sei bemerkt, daß der Versuch auch sehr bequem mit dem oben erwähnten Gleichrichter

1) J. Zeleny, Proc. Cambr. Phil. Soc. **10**, 14, 1898.
2) A. P. Chattock, Phil. Mag. (5) **48**, 401, 1899.

auszuführen ist (wenigstens bei einem Spitzenabstand 1 cm, wo die erforderliche Spannung weniger als 10000 Volt beträgt). Indessen möge hier auf mögliche Verbesserungen der Meßgenauigkeit nicht eingegangen werden, da für Demonstrationszwecke doch hauptsächlich Einfachheit und Übersichtlichkeit der Anordnung maßgebend sind.

b) Bei unselbständiger Elektrizitätsleitung. Während man beim Spitzenstrom nur die Wirkung der einen Ionenart vor sich hat, kommen bei der Ionisierung durch Röntgenstrahlen beide Ionenarten zur Geltung. Die beiden Wirkungen sind einander entgegengesetzt, so daß nur, wenn die eine überwiegt, eine Druckänderung im Gase auftreten kann. Zudem sind die Ströme meist schwächer als die aus Spitzen, so daß die ionomotorische Kraft unter Verwendung von Röntgenstrahlen viel geringer ist. Immerhin gelang es Zeleny (l. c.), Luftströmungen in einem Plattenkondensator nachzuweisen, der zur Vermeidung von Störungen (Zirkulationen) in ein möglichst luftdicht verschlossenes Gehäuse hineingebracht war. Senkrecht zum Ionisierungsstrom wurden in der Nähe der Platten zwei vertikal herabfließende Ströme aus Salmiaknebel erzeugt. Die entstehenden Luftströme beobachtete man dann durch die gegen die Platten hin abgelenkten Salmiakstrahlen. Der Versuch ist in seiner überzeugenden Einfachheit so hübsch, daß er ohne weiteres als Demonstrationsversuch geeignet erscheinen muß. Indessen wird man bei der Ausführung gewahr, daß der Versuch etwas prekär und kaum für ein größeres Auditorium geeignet ist.

Ich möchte daher eine Anordnung angeben bei welcher der Effekt derart verstärkt ist, daß er ohne Schwierigkeit und mit kleinstem Aufwand gezeigt werden kann. Indessen ist es vielleicht nicht ohne Interesse, die Erscheinung, die man im röntgendurchstrahlten Gase erhält, erst theoretisch etwas zu überblicken. Wir führen die Berechnung für den besonders übersichtlichen Fall aus, daß wir gleichmäßige Ionisierung zwischen zwei Platten haben. Das elektrische Feld wirke nur in der X-Richtung (Fig. 4). Eine Randwirkung der Platten sei vermieden bzw. werde vernachlässigt. Luftströmungen aus dem Plattenraum heraus seien durch Anbringen isolierender Seitenwände ausgeschaltet. In diesem Fall werden überhaupt keine Luftströmungen eintreten. Die ionomotorische Kraft wird sich nur statisch durch Änderungen des Gasdrucks längs der X-Achse äußern.

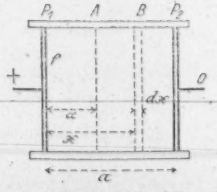


Fig. 4.

Betrachten wir eine dünne Luftschicht dx an der Stelle B. Die Dichte der freien Elektrizität infolge des Ionenstromes sei ϱ. Die Kraft, die auf diese Raumladung in dieser Luftschicht vom Querschnitt f wirkt, ist dann

$$dK = f\varrho X\,dx\,. \qquad (1a)$$

Seien n_1 und n_2 die Dichte der positiven bzw. negativen Ionen, so ist also

$$dK = fe\,(n_1 - n_2)\,X\,dx\,. \qquad (1b)$$

Überwiegt n_1, so ist die Kraft nach rechts gerichtet und umgekehrt. Dieser Kraft wird durch eine Änderung des Gasdrucks längs dx von gleicher Größe das Gleichgewicht gehalten. Wir knüpfen an die Berechnungen an, wie sie bisher für eine Ionenart vorliegen. Danach ist der Strom positiver Ionen, der durch dx fließt,

$$i_1 = fn_1 e u_1 X\,. \qquad (2a)$$

Nun ist entsprechend der für die negativen Ionen

$$i_2 = fn_2 e u_2 X\,. \qquad (2b)$$

Somit wird (1b)

$$dK = \left(\frac{i_1}{u_1} - \frac{i_2}{u_2}\right) dx\,. \qquad (3)$$

Will man den Gasdruck k/f als Funktion von x berechnen, so muß noch i_1 und i_2 an jeder Stelle bekannt sein. Wir finden einen einfachen Ausdruck hierfür, wenn wir die Wiedervereinigung der Ionen ausschließen (große Potentialdifferenzen). In diesem Fall gehen durch die Luftschicht B pro Sekunde alle links davon gebildeten positiven Ionen und alle rechts davon gebildeten negativen Ionen hindurch. Man hat demnach

$$i_1 = fNex$$

und

$$i_2 = fNe(a - x)\,. \qquad (4)$$

Aus (3) wird

$$dK = fNe\left(\frac{x}{u_1} - \frac{a - x}{u_2}\right) dx \qquad (5)$$

und

$$K = fNe\left[\frac{x^2}{2}\left(\frac{1}{u_1} + \frac{1}{u_2}\right) - \frac{xa}{u}\right] + c\,. \qquad (6)$$

Aus (6) ist zu ersehen, daß der Gasdruck K/f für $\frac{x}{u_1} = \frac{a-x}{u_2}$ ein Minimum hat. Dies ist die bekannte Beziehung für die Lage der neutralen Zone zwischen den Platten P_1, P_2. Für die Lage dieser Ebene A hat man

$$\xi = \frac{a u_1}{u_1 + u_2}. \qquad (7)$$

Sehen wir vom Gasdruck selbst ab, und setzen wir K für diese Zone gleich null, so ergibt sich aus (6) der Gasdruck K/f an den beiden Platten P_1, P_2 zu

$$K_2 = \frac{f N e u_2 a^2}{2 u_1 (u_1 + u_2)} \qquad (8a)$$

$$K_1 = \frac{f N e u_1 a^2}{2 u_2 (u_1 + u_2)}. \qquad (8b)$$

Falls $u_1 \neq u_2$, ist der Druck auf P_1 nicht gleich dem auf P_2. Die Differenz ist

$$K_2 - K_1 = \frac{f N e a^2}{2} \left(\frac{1}{u_1} - \frac{1}{u_2} \right). \qquad (9)$$

Sie ist also bei der geringeren Beweglichkeit der positiven Ionen positiv. Das ganze Ionisierungsgefäß würde demnach eine treibende Kraft von links nach rechts erfahren.

Ist der Ionisierungsraum nicht abgeschlossen, so kann die Luft seitwärts an den Platten ausweichen. Zugleich strömt immer wieder neue Luft bei A, an der Stelle niedrigsten Gasdrucks, zu. Diese Zirkulation wird um so größer sein, je größer K_1 bzw. K_2 gemacht werden. Sie wird überdies durch geeignete Modifikation der Elektroden erleichtert werden können.

Gleichungen (8) gelten dann nicht mehr quantitativ, können aber doch auch bei den abgeänderten Versuchsbedingungen noch als wegleitend angenommen werden. Hiernach sind die totale stromleitende Ionenmenge N/a und überdies der Abstand a groß zu machen, wenn eine große Kraft K an den Elektroden entstehen soll. Zudem wird der Gasdruckunterschied K/f erhöht, indem man die Elektrodenfläche f verkleinert. Als zweckmäßig wurde befunden, eine große Platte zusammen mit einer kleinen, rechtwinklig dazu gegenübergestellten Platte zu verwenden und an letzterer die Strömungen zu beobachten.

Die Anordnung im einzelnen ist in Fig. 5 dargestellt. Über einem Bleikasten K, in dem sich die Röntgenröhre befindet, sind die beiden Platten P_1 P_2 (Weißblech) angeordnet. Diese

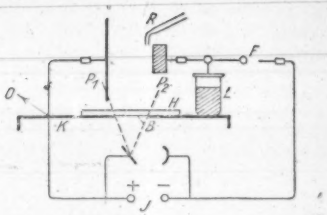


Fig. 5.

sind, etwa durch Glas, isoliert auf einem Holzbrettchen H montiert. Es waren P_1 und P_2 18 cm bzw. 6 cm hoch und 16 cm bzw. 2,5 cm breit. Der Abstand zwischen P_2 (Kante) und P_1 betrug 8 cm. P_2 war in halber Höhe von P_1, der Plattenmitte gegenüber, angebracht. Der Raum zwischen den Platten (und etwas mehr) wurde durch eine kreisförmige Blende B ($\Phi = 6$ cm), die mit einer 0,01 mm dicken Al-Folie bedeckt war, bestrahlt. Das Brettchen H wurde solange seitlich verschoben, bis ein über die Anordnung gehaltener Leuchtschirm den Schatten von P_2 als Linie zeigte (symmetrische Bestrahlung). P_1 wurde mit dem Bleikasten, bzw. mit Erde verbunden, während an P_2 eine Spannung von 5000 bis 10000 Volt angelegt wurde. Dies wurde ohne besondere Spannungsquelle so bewerkstelligt, daß man den —Pol des Induktors bzw. die Kathode der Röntgenröhre mit einer Funkenstrecke F und einer kleinen Leidener Flasche L verband. Die eine Elektrode der Funkenstrecke wurde durch eine Drahtspitze gebildet[1]). Funkenabstand: einige Zentimeter, je nach der gewünschten Spannung, jedoch so groß, daß keine sichtbaren Funken übergingen. Die Spannung von P_2 wird zweckmäßig mit einem Braunschen Elektrometer oder einer Parallelfunkenstrecke kontrolliert.

Die Luftströmungen, die an der Platte P_2 auftreten, werden durch einen aus der Röhre R vertikal nach unten austretenden Gasstrahl sichtbar gemacht. Schon Zeleny verwendete gelegentlich statt der Salmiaknebel einen Kohlensäurestrahl. Statt dessen wurde hier karburierte Luft als zweckmäßig befunden. Zu diesem Zweck leitete man einfach Luft aus einem Gasometer durch eine Waschflasche, die wenige Zentimeter hoch mit Äther gefüllt war. Diese mit Ätherdampf gesättigte Luft passierte einen Glashahn und dann die ca. 30 cm lange, am Ende bis

1) Man kann die Drahtspitze natürlich auch direkt dem Knopf der Leidener Flasche gegenüberstellen.

auf ein Lumen von 1 bis 2 mm ausgezogene Röhre R. Der Ätherdampfstrahl wurde durch Projektion (Schlierenmethode) sichtbar gemacht. Zu diesem Zweck war vor die Anordnung in einem Abstand von $1\,^1/_4$ m eine Bogenlampe ohne Kondensor aufgestellt. Jedoch war eine kreisförmige Blende davor angebracht, so daß auf dem Projektionsschirm nur das Schattenbild von P_2 und die nächste Umgebung sichtbar war. Der Projektionsschirm befand sich in $1\,^1/_4$ m Entfernung hinter der Apparatur. Die Abstände können jedoch auch größer genommen werden. Man beobachtete den aus der Spitze austretenden Dampfstrahl, der sich als heller Streifen deutlich abhob und regulierte ihn mittels des Glashahns soweit herunter, bis er mit ganz geringer Geschwindigkeit austrat. Am empfindlichsten war die Anordnung, wenn der Strahl am Erlöschen war oder doch bald nach dem Austreten diffus wurde. Das Experiment ging aber auch ganz gut, wenn der Strahl von der Spitze bis über das ganze Gesichtsfeld deutlich ausgeprägt war. Die Spitze befand sich $^1/_2$ bis 1 cm von der Platte P_2 entfernt. Sie brauchte durchaus nicht genau in die Ebene von P_2 einjustiert zu sein. Sie wurde im Gegenteil absichtlich meist etwas seitwärts angebracht, um eine Spaltung des Dampfstrahls an der Kante zu vermeiden.

Man beobachtete nun folgendes. Beim Anstellen der Röntgenstrahlen krümmte sich der Ätherstrahl gegen die Kante der Platte P_2. Wennschon er fast augenblicklich seine definitive Gestalt annahm, so konnte man doch erkennen, daß entsprechend der Ausbildung der stationären Luftströmung hierzu eine gewisse Zeit erforderlich war. Wurde die Leidener Flasche entladen, oder wurden die Röntgenstrahlen abgestellt, so floß der Ätherstrahl senkrecht herab. Falls der Strahl infolge seiner geringen Bewegung in der unteren Partie diffus war, wurden seine Konturen bei der Ablenkung wieder schärfer. Die Ablenkung erfolgte je nach der Stärke der Bestrahlung und dem Abstand der Röhrenspitze bis hinter die Platte P_2, so daß ein Teil des Ätherstrahls verdeckt wurde. Eine allzu hohe Aufladung der Leidener Flasche mußte, um Spitzenentladung zu verhindern, vermieden werden. Wurde dies nicht beachtet, so erhielt man eine Abstoßung des Ätherstrahls an der unteren Ecke von P_2, d. h. eine plötzliche Richtungsänderung des Strahles in ziemlich gerader Linie nach links unten, die dann auch nach dem Abstellen der Röntgenstrahlen noch solange anhielt, als die Leidener Flasche zu hoch geladen war.

Nicht nur die Luftströmungen an der Plattenkante, sondern auch die längs der Seitenflächen konnten nachgewiesen werden. Brachte man z. B. das Röhrenende dicht hinter P_2, so trat an der unteren Kante ein nach rechts unten fließender Strahl hervor. Befand es sich an der rechten oberen Ecke von P_2, so erhielt man ebenfalls einen nach rechts gekrümmten Strahl.

Zwei photographische Aufnahmen des Projektionsbildes (Fig. 6) dürften die Erscheinung am besten illustrieren. Man sieht den kräftig kontrastierenden Dampfstrahl, der je nach dem Abstand der Röhrenmündung verschieden stark abgelenkt ist. Der Induktor war mit Gleichstrom und Wehneltunterbrecher betrieben, die Röhrenhärte entsprach einer Parallelfunkenstrecke (Platte —, Spitze +) von 6 bis 7 cm.

Es sei noch erwähnt, daß in der oben skizzierten Anordnung P_2 stets negativ aufgeladen war. Vorschalten eines Kommutators vor P_1 P_2 erlaubt beide Ionen zu untersuchen. Statt mit der genannten Einrichtung wurde auch mit dem mehrfach erwähnten Gleichrichter gearbeitet und sowohl bei positivem als negativem Ionenstrom eine gute Wirkung beobachtet. In ersterem Falle konnte gelegentlich eine etwas stärkere Wirkung (im Einklang mit unserer theoretischen Erörterung) festgestellt werden. Bei einem Versuch, bei dem P_1 nur doppelt so groß war wie P_2 und der Abstand bloß 3 cm betrug, konnte der Effekt nur hie und da, nicht immer nachgewiesen werden. Die theoretische Überlegung führte dann dazu, Dimensionen und Abstände größer zu nehmen, so daß das Experiment nun ohne weiteres gelingt.

Nicht unerwähnt möge bleiben, daß man das Experiment noch primitiver gestalten kann, wenn man den Ätherdampfstrahl durch einen Rauchstrahl ersetzt. Man bläst Zigarrenrauch durch eine ca. 30 cm lange Kapillare ($\Phi = 1$ mm), die in ähnlicher Weise wie B umgebogen und angesetzt wird. Selbst bei kräftigem Rauchstrahl erhält man eine lebhafte Krümmung desselben durch die Luftkonvektion. Man beobachtet entweder direkt den von der Bogenlampe beleuchteten Strahl oder sein Schattenbild auf dem Projektionsschirm. Wenn auch bei dieser Version der experimentelle Aufwand auf ein Äußerstes reduziert erscheint, so möge doch hervorgehoben werden, daß Rauchstrahlen ebenso wie die Salmiaknebel im ursprünglichen Zelenyschen Experiment, nicht so eindeutig beweisend sind, da man sich doch über den möglichen Einfluß so großer Partikel auf die zu demonstrierende Erscheinung Rechenschaft geben muß. Der Versuch scheint mir aber für die Ionenlehre so wichtig, daß ich ihm in der vorbeschriebenen einwandfreien Form durchaus den Vorzug geben möchte.

Thermionen-Emission.

Im Anschluß an das vorige sei es gestattet, noch einige kleinere Versuche zu beschreiben. Eines der einfachsten Experimente besteht bekanntlich darin, die Entladung eines negativ geladenen Elektroskops durch Heranbringen eines rotglühenden Körpers (etwa eines Eisennagels) zu zeigen. Besonders lehrreich ist in Ergänzung hierzu etwa der Versuch mit einer Glasstange. Bringt man das im Bunsenbrenner auf Rotglut erwärmte eine Ende in die Nähe des Elektroskops, so findet auch hier eine Entladung statt. Sie erfolgt aber nur teilweise. Da das Glas ein Isolator ist, so lädt sich das glühende Ende in dem Maße, wie es positive Ionen abgibt, selbst negativ auf. Hat diese negative Ladung einen gewissen Betrag erreicht, so werden schließlich alle emittierten Ionen wieder zum Glase zurückgezogen. Die weitere Entladung des Elektroskops hört dann auf. Falls die Ionen keine natürliche Anfangsgeschwindigkeit besitzen, haben in diesem Moment das glühende Glas und das Elektroskop (von Kontaktpotentialen abgesehen) dasselbe Potential. Besitzen die Ionen bei der Emission jedoch kinetische Energie, so wird bei Erreichung des stationären Zustandes das Potential des Elektroskops etwas höher als das des Glasstabs sein. An den Versuch schließt sich somit ungezwungen eine Betrachtung über die Selbstaufladung von Platten, die man glühenden Körpern gegenüberstellt, an.

Der Versuch selbst wurde in folgender Weise ausgeführt. Durch ein dickes, etwa 30 cm langes Kapillarrohr wurde ein Draht gesteckt. Dieser ragte aus dem einen Ende heraus, reichte jedoch an der zu erwärmenden Seite nicht ganz bis ans Ende. Durch Berühren des herausragenden Drahtendes konnte die am erwärmten Glasende befindliche Ladung abgeleitet werden. Um die Isolation des Glases zu erhöhen, ist es nach Bedarf angezeigt, den in der Hand gehaltenen Teil mit Siegellack oder dgl. zu überziehen. Das Stabende wurde nun erhitzt und ans negativ geladene Elektroskop herangehalten. Es erfolgte rasche Entladung, die jedoch bei einem bestimmten Punkte stehen blieb. Nun wurde mit der freien Hand das Drahtende berührt, wodurch die negative Ladung abgeleitet wurde. Sofort fielen die Blättchen nun ganz zusammen.

Selbstaufladung lichtelektrischer Platten.

Besonders einfach läßt sich das Vorhandensein eines Aufladepotentials beim lichtelektrischen Effekt demonstrieren. Bestrahlt man etwa eine isoliert aufgestellte Zinkplatte mit Ultraviolett, so wird sich diese infolge der Emission negativer Teilchen allmählich positiv aufladen. Da die Ionen aber zufolge der Gasreibung nicht weit kommen, bildet sich eine Stauung negativer Elektrizität dicht vor der Platte. Es kann sich infolgedessen nur eine kleine Potentialdifferenz zwischen Platte und Elektronenwolke ausbilden. Denn der stationäre Zustand, bei dem gleichviel Ionen ausgesandt und durch das Feld und die Diffusion wieder zur Platte zurückkehren, wird bald erreicht. Größere Aufladepotentiale lassen sich in einem guten Vakuum erzielen. Hierfür gilt dann die bekannte einfache Beziehung $Ve = \frac{mv^2}{2}$, während man für den gas-

erfüllten Raum $V'e + \int_0^a R\,dx = \frac{mv^2}{2}$ ansetzen

kann, wo R die Reibungskraft im Abstand x von der Platte bedeutet. V' muß demnach kleiner als V sein. Aber selbst das Aufladepotential im Vakuum beträgt nur einige Volt. Die Demonstration ist daher, abgesehen davon, daß ein empfindliches Instrument nötig ist, unbefriedigend, weil Aufladepotentiale von dieser Größe nicht nur infolge der Erstenergien der Elektronen sondern auch durch die Kontaktpotentiale zustandekommen können.

Weit höhere Aufladepotentiale erhält man im gaserfüllten Raum, wenn man die Ionenwolke fortbläst. Man kann dadurch die Rückkehr der emittierten Ionen zur Platte ganz bedeutend vermindern, erhält also eine höhere Aufladung der Platte. Erteilt man den Ionen auf mechanischem Wege eine Geschwindigkeit von der Platte weg, so müssen die Potentialdifferenzen der Platte gegen die Umgebung ganz bedeutend sein, wenn die Ionen gegen den Luftstrom zurückgetrieben werden sollen.

Der Versuch läßt sich in folgender Weise ausführen. Man verbindet eine frisch geschmirgelte Zinkplatte mit einem empfindlichen Blattelektroskop und bestrahlt sie mit einer Bogenlampe (20 cm Entfernung, ohne Kondensor). Eine Blende sorgt dafür, daß am besten nur ein Teil der Zinkplatte, jedenfalls nicht die Umgebung, bestrahlt wird. Gegen die Platte bläst man nun einen kräftigen Luftstrom (Blasebalg). Sofort beginnt sich das Elektroskop positiv aufzuladen und zeigt schließlich einen konstanten Ausschlag (Größenordnung 100 Volt), der auch nach Aufhören des Luftstroms praktisch nicht abnimmt. Der Luftstrom selbst hat ohne Belichtung keine Wirkung.

Unipolare Flammenleitung.

Das Hittorfsche Experiment besteht bekanntlich darin, daß man zwei in eine Flamme

gehaltene Elektroden von Salzdampf bestreichen läßt. Man beobachtet dann, daß der Strom in der Flamme nicht wesentlich beeinflußt wird, solange der Salzdampf nicht an die Kathode gelangt, daß aber in diesem Falle eine ganz beträchtliche Stromvergrößerung eintritt. Die positive Raumladung, die sich dicht an der Kathode bildet und ein starkes Polarisationsgebiet hervorbringt, ruft ein starkes Kathodengefälle hervor. Die Ionen bewegen sich also im übrigen Teil der Flamme unter einem sehr geringen Potentialgefälle. Erst durch die Beseitigung des positiven Polarisationsgebiets durch die Ionen des Salzdampfes verteilt sich das Gefälle auf die ganze Flamme, und vermehrt sich entsprechend die in der Zeiteinheit an die Elektroden gelangende Ionenmenge.

Die unipolare Leitung im Hittorfschen Experiment kann man nun auch auf folgende Weise zeigen. In eine Bunsenflamme seien zwei gleiche Elektroden gebracht, die etwa, um ein Glühendwerden zu vermeiden, aus zwei über Eisendrähte gesteckten Messinghülsen bestehen mögen. Die beiden Hülsen befinden sich in gleicher Höhe parallel nebeneinander. Der Abstand sei so groß, als es die Breite der Flamme erlaubt. An die Elektrode A werde nun statt Gleichstrom Wechselstrom angelegt (50 bis 100 Volt), den man etwa der Sekundärspule eines primär aus einem Wechselstromnetz gespeisten kleinen Induktoriums (Transformator) entnimmt. Die zweite Sekundärklemme des Induktoriums liege an Erde. Die Elektrode B sei in Verbindung mit einem Galvanometer (Empfindlichkeit: ca. 10^{-7} Amp. mm), dessen zweite Klemme ebenfalls mit Erde verbunden sei.

Bei Anlegen der Wechselspannung wird man praktisch keinen Ausschlag am Galvanometer bemerken. Nun bringt man eine Na-Salzperle in die Flamme. Sie befinde sich erst unter der Elektrode A. Das Galvanometer gibt einen großen Ausschlag, einen Gleichstrom in der Richtung von B nach A anzeigend. Nun bringe man den Salzdampf an B. Sofort kehrt sich die Stromrichtung um. Durch Hin- und Herbewegen der Salzperle kann man dann Größe und Richtung des Ausschlags beliebig ändern.

Das Experiment zeigt, ebenso wie das ursprüngliche Hittorfsche, daß der Widerstand der Flamme in der Richtung, in der die vom Salzdampf bestrichene Elektrode Kathode ist, viel kleiner ist. Es zeigt aber noch weiter, daß die Bildung und Vernichtung des kathodischen Polarisationsgebiets außerordentlich rasch vor sich geht. Denn während jedes Richtungswechsels des Wechselstroms (von 50 Perioden) muß sich die Polarisation ausbilden können, wenn der Salzdampf die stromerhöhende Wirkung haben soll. Es dürfte insofern nicht uninteressant sein, den hier beschriebenen Gleichrichtereffekt auch bei höheren Periodenzahlen zu verfolgen.

Zürich, Physikalisches Institut der Universität, März 1918.

(Eingegangen 9. März 1918.)

Magnetische Mittelwerte des Jahres 1917.

Von Ad. Schmidt.

Nach den Beobachtungen des Potsdamer Magnetischen Observatoriums des Preußischen Meteorologischen Instituts waren die Durchschnittswerte der Elemente während des Jahres 1917:

westliche Deklination . . .	$7^0 58',4$
nördliche Inklination . . .	$66^0 29',2$
Horizontalintensität . . .	$0{,}18671\ I.$

Die Änderungen gegen das Vorjahr betrugen $-9',2$, $+2',1$, -27γ ($1\gamma = 0{,}1^5 I$, $I =$ cm$^{-\frac{1}{2}}$ g$^{\frac{1}{2}}$ s^{-1}). Sie stehen in guter Übereinstimmung mit den während der letzten vorhergehenden Jahre beobachteten und können für die nächsten Jahre zur Extrapolation verwendet werden.

Für andere Orte Deutschlands entnimmt man die Werte der magnetischen Elemente am bequemsten den von K. Haußmann bearbeiteten, in Petermanns Mitteilungen 1913, 1. Halbband, veröffentlichten „Magnetischen Übersichtskarten von Deutschland für 1912", indem man ihnen zur Umrechnung auf das laufende Jahr (1918) die Korrektionen $-1^0 1'$ bei der Deklination, $+10'$ bei der Inklination, $-0{,}0016\,I'$ bei der Horizontalintensität hinzufügt. Für die in den Veröffentlichungen des Meteorologischen Instituts (Nr. 217, 224, 276) erschienenen „Magnetischen Karten von Norddeutschland und Südwestdeutschland für 1909" sind die entsprechenden Reduktionen $-1^0 25'$, $+10'$, $-0{,}0020\,I$.

Das Jahr 1917 war ziemlich reich an magnetischen Störungen, zeigte jedoch, was ihre Zahl und noch mehr was ihre Intensität betrifft, einen Rückgang gegenüber den zwei vorhergehenden Jahren, was bei seiner ungewöhnlich starken Entwicklung von Sonnenflecken den sonstigen Erfahrungen widerspricht. (Das Jahresmittel der Wolf-Wolferschen Fleckenrelativzahl betrug 1915: 46,0; 1916: 55,4; 1917: 98,8.)

(Eingegangen 6. März 1918.)

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1918.

Universität Breslau.

Lummer: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Waetzmann und Ladenburg), 9, für Geübtere (mit Schaefer, Waetzmann und Ladenburg), tägl. — **Schaefer**: Mechanik der Kontinua: Elastizität und Hydrodynamik, 5, Übungen, $1^1/_2$ *g*; Ausgewählte Kapitel der höheren Dynamik, 1; Theoretisch-physikalisches Kolloquium zur Theorie des Kreisels, 2 *g*. — **Buchwald**: Analyse des gesamten Spektrums, mit Vorführungen, 2. — **Riesenfeld**: Photographisches Praktikum, 2; Die Photographie und ihre Technik, 1 *g*. —

Biltz: Unorganische Experimentalchemie, 6; Chemische Referatenstunde für Vorgeschrittenere, 14tägig, $1^1/_2$ *g*; Chemisches Praktikum, organische Abteilung, ganztägig, unorganische Abteilung, ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner und Landwirte, 4. — **Gadamer**: Anorganische Experimentalchemie, mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, 6; Prüfung der Arzneimittel, 1 *g*; Praktisch-chemische Übungen mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, der forensischen Chemie und Nahrungsmittelchemie, tägl.; Kleines chemisches Praktikum, 6. — **Hertz**: Chemie und Physik der Metalle und ihrer Verbindungen, 2; Grundlagen der Maßanalyse, 1; Anwendungen der Maßanalyse, mit besonderer Berücksichtigung des Deutschen Arzneibuches, 1; Besprechungen zur qualitativen Analyse, 1 *g*.

Sturm: Analytische Geometrie der Raumes, 3. — **Kneser**: Differentialrechnung, 4; Variationsrechnung, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **N. N.**: Theorie der algebraischen Gleichungen, 4; Differentialgleichungen, 2; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Steinitz**: Projektive (synthetische) Geometrie, 5, Übungen, 1 *g*. — **Wilkens**: Mechanische Integration nebst Anwendung auf die Planetenbewegungen, 3, Übungen, 1 *g*; Astronomisches Seminar, 2 *g*; Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, nach Verabredung, *g*. —

Technische Hochschule Brünn.

Jaumann: Allgemeine und technische Physik, $3^1/_2$; Theoretische Physik, $1^1/_2$; Physikalisches Praktikum für Chemiker (mit Lohr), 3, für Bauingenieure (mit Szarvassi), 3. — **Lohr**: Physik, 4. — **Szarvassi**: Physikalische Grundlagen der drahtlosen Telegraphie, 2. — **Zickler**: Elektrotechnische Messungen, 2; Elektrische Beleuchtungsanlagen, 3; Elektrotechnisches Praktikum I, 4, III, speziell für Elektrotechniker, 8, Ausarbeitung 8. — **N. N.**: Bau elektrischer Maschinen I, 3; Projektierung elektrischer Anlagen, einschließlich elektrischer Arbeitsübertragung, 2; Elektrische Bahnen, 1; Elektrotechnische Konstruktionsübungen I, 2, II, Übungen, 8. — **Siegel**: Verwertung von Prüfungsergebnissen an elektrischen Maschinen für den Dynamobau, 1. — **Srnka**: Maschinen-Telegraphen, 1; Elektrische Meldeanlagen, 1. —

Frenzel: Analytische Chemie II: Allgemeiner Teil, 2; Chemische Übungen Ib, 22, IIb: Physikalisch-chemische Übungen, 5; Grundzüge der Elektrochemie, 2; Elektrochemisches Praktikum, 3; Physikalische Chemie I, 3. — **Hönig**: Organische Chemie I, 5; Chemische Übungen III: Organisch-chemische Übungen, 20; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 3. — **Ulrich**: Chemische Technologie organischer Stoffe II 2, 5; Mikrochemische Arbeitsmethoden, 1; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie II, insbesondere der Farb- und Faserstoffe II, 25; Spezielle chemische Technologie der Faserstoffe, 1. — **Gröger**: Enzyklopädie der technischen Chemie, $1^1/_2$. — **Knöpfer**: Synthese organischer Verbindungen, 2. — **Donath**: Chemische Technologie anorganischer Stoffe I, 3, II, 3; Chemische Technologie organischer Stoffe I, 3; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie I 2 (mit Margosches), 20. — **Margosches**: Chemische Technologie organischer Stoffe III, 1; Katalytische Fetthärtung, 1; Chemische Technologie III: Anleitung zu technisch-chemischen Untersuchungen, 2; Chemische Technologie der organischen Kolloide, 2. —

Waelsch: Mathematik Ib, 2, Korrepetitionen, 1; Darstellende Geometrie II, 5, Konstruktives Zeichnen, 6; Geometrische Grundlagen der Photogrammetrie, 1. — **Tietze**: Mathematik II 1, 3, Korrepetitionen, 1; Mathematische Näherungsmethoden, 4, Übungen, 1; Variationsrechnung, 2. — **v. Schrutka**: Elemente der höheren Mathematik, 4, Korrepetitionen, 1. — **Benze**: Wahrscheinlichkeitsrechnung II, mit Anwendungen, 3; Mathematische Statistik, 2. — **Fanta**: Versicherungsmathematik II, 2, Übungen, 1; Reformen im Rechnungswesen von Versicherungsanstalten, 1. — **Tranquillini**: Technisches Zeichnen I: Elemente des Hochbaues, 2, Übungen, 4. — **Löschner**: Technisches Zeichnen II: Plan- und Geländezeichnen, 2; Plan- und Geländezeichnen: Situationszeichnen, 4; Niedere Geodäsie, 2; Photogrammetrie und Stereophotogrammetrie mit Übungen, 1; Vermessungsübungen II, 12; Sphärische Astronomie, 2. — **N N.**: Technisches Zeichnen: Maschinenzeichnen, 6. — **Steiner**: Elemente der niederen Geodäsie, 2, Übungen, 3. — **Lechner**: Analytische Mechanik, 2; Elemente der graphischen Dynamik, 1; Mechanische Rechenübungen, $1^1/_2$. — **Leon**: Mechanisches Seminar für Vorgeschrittene, $1^1/_2$. —

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimentalphysik II: Wärme, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Anfängerpraktikum für Chemiker, Mediziner usw., 2; Physikalisches Halb- und Vollpraktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Reiger**: Theoretische Physik, 4, Übungen, 1 *g*. — **Hauser**: Photographie, mit Übungen, 2. —

O. Fischer: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im Chemischen Laboratorium (mit Henrich): a) Analytische Übungen, b) Vollpraktikum, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Mediziner, 4. — **Busch**: Anorganische Chemie, unter Berücksichtigung ihrer Anwendung in der Pharmazie, 3; Chemische Technologie, organische Großindustrie, mit Ausflügen, 2; Chemisches Praktikum: a) ganztägig, tägl., b) halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Übungen auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend. — **Henrich**: Analytische Chemie der Metalloide, mit besonderer Berücksichtigung der Maßanalyse (Experimentalvorlesung zur Ergänzung des analytisch-chemischen Praktikums), 2; Repetitorium der Chemie für Chemiker, Pharmazeuten und Lehramtskandidaten, besonders für Kriegsteilnehmer, 2; Einführung in die physikalische Chemie und Elektrochemie, 1. —

Noether: Analytische Geometrie, 4; Differentialgeometrie, 3. — **Hartwig**: Astronomie und Astrophysik, 2; Systematische Vorführung der Einrichtungen der Sternwarte in Bamberg, tägl. *g*; Astronomisches Praktikum auf der Sternwarte in Bamberg, tägl. *g*. — **Baldus**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 2 *g*; Sphärische Trigonometrie, 1; Wahrscheinlichkeitsrechnung für Mathematiker, 1, Übungen, 1; Politische Arithmetik für Juristen, 1, Übungen, 1. —

Universität Innsbruck.

v. Schweidler: Experimentalphysik II, 4; Ausgewählte Teile der kosmischen Physik, 2 *g*; Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6, für Mediziner, 3; Wissenschaftliche Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Tumlirz**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus II, 5; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g*. — **v. Lerch**: Ausgewählte Kapitel der Physik, 3. —

Hammerl: Elektrotechnik II: Über ein- und mehrphasige Wechselstrom-Maschinen und Motoren, 2 *g*. — **March**: Kinetische Gastheorie, 2. —

Brunner: Allgemeine Chemie II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium für Chemiker und Pharmazeuten, sowie für Lehramtskandidaten, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 6. — **Hopfgartner**: Pharmazeutische Chemie, 5. — **Zehenter**: Über Teerfarbstoffe, 2 *g*. —

Gmeiner: Differential- und Integralrechnung (Fortsetzung), 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Zindler**: Zahlentheorie und Algebra, 5; Mathematisches Seminar für Anfänger, 1 *g*, für Vorgebildete, 1 *g*. — **Menger**: Achsonometrie und Linearperspektive (Fortsetzung), 2 *g*. —

Universität Jena.

Wien: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Physikalisches Praktikum: a) für Mathematiker und Physiker, 6, b) für Chemiker und Pharmazeuten, 4, c) für Mediziner, 4; Physikalisches Kolloquium; Leitung physikalischer Spezialuntersuchungen (mit Auerbach und Straubel). — **Auerbach**: Theoretische Optik, 4; Der physikalische Schulunterricht, 1; Die Entwicklung der Physik seit 100 Jahren, zugleich als Übersicht der Tatsachen und Gesetze, 2; Das naturwissenschaftliche Weltbild, 1; Physikalisches Praktikum (mit Pauli): a) für Mathematiker und Physiker, 6, b) für Chemiker, Pharmazeuten und Mediziner, 3; Physikalische Spezialarbeiten (mit Pauli), tägl. — **Straubel**: Abbildungstheorie, 1. — **Ambronn**: Benutzung des Polarisations-Mikroskops bei histologischen Untersuchungen, 1; Übungen in der Handhabung des Mikroskops und seiner Nebenapparate, 2. — **Pauli**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 4, eventl.: III: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, für Fortgeschrittene, 2. —

Knorr: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wolff): a) Vollpraktikum, 30, b) Halbpraktikum, 15, c) Mediziner-Vollpraktikum, 6, d) Mediziner-Halbpraktikum, 3; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium und Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Schneider), 40. — **Wolff**: Analytische Chemie II: Maßanalyse, $1^1/_2$; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Immendorff**: Grundzüge der anorganischen und organischen Chemie (Experimentalchemie), 5; Kleines chemisches Praktikum für Landwirte, 7; Großes chemisches Praktikum für Landwirte, tägl; Agrikulturchemisches Seminar für Fortgeschrittene, 14 tägig, 2 *g*. — **Vongerichten**: Technologie der Teerfarben und verwandter Industriezweige, mit Ausflügen, 2; Technisch-chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig. — **Matthes**: Pharmazeutische Chemie II: Organische Chemie, 3; Untersuchung und Darstellung chemisch-pharmazeutischer Präparate, Ausmittelung der Gifte, Halbpraktikum, 15; Praktische und theoretische Übungen aus dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, Ganzpraktikum, tägl. außer Sonnabend; Theoretische und praktische Übungen in der Sterilisierung der Arzneimittel und Verbandstoffe, Urinuntersuchungen, 3. — **Schneider**: Das periodische System der Elemente, 1. — **Kaufmann**: Chemisches Repetitorium, 3. — **Hirsch**: Chemie und physikalische Chemie der Eiweißkörper, für Chemiker und Mediziner, 2; Einführung in die Kolloidchemie, für Chemiker und Mediziner, 1. —

Haußner: Analytische Geometrie der Ebene, mit Übungen, 5; Theorie der krummen Flächen, 5; Seminar, 1; Differential- und Integralrechnung I, mit Übungen, 5; Proseminar: Über Determinanten, 2. — **Koebe**: Funktionentheorie, 4. Seminar, 1 *g*. — **Frege**: Einleitung in die analytische Mechanik, 4; Begriffsschrift, 1 *g*. — **Knopf**: Zeit- und Ortsbestimmung mit praktischen Übungen auf der Sternwarte, 4; Geodäsie mit praktischen Übungen: Geländeaufnahme, Nivellieren usw., 4. — **Winkelmann**: Numerisches Rechnen, mit Übungen, 4; Vektoranalysis, mit Übungen, 4. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Physik, 4, Ergänzungen, 2; Physikalisches Laboratorium (mit Schachenmeier), 6; Seminar für Experimentalphysik, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im physikalischen Laboratorium, nach Vereinbarung. — **N. N.**: Mathematische Physik, 3; Repetitorium der Physik, 2. — **Schachenmeier**: Optik mit besonderer Berücksichtigung der Elektronentheorie, 2. — **Richter**: Elektromaschinenbau II: Induktionsmotoren, Wechselstrom-Kommutatormotoren, 5; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium II, Übungen, 6, für Vorgeschrittene, einschließlich Hochspannungs-, Hochfrequenzmessungen und drahtlose Telegraphie (mit Schleiermacher, Schwaiger und Hausrath), 8; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Vereinbarung. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Meßkunde, 2; Theoretische Elektrizitätslehre, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I, 6. — **Schwaiger**: Elektromotorische Betriebe, einschließlich Bahnen, 2; Elektrische Kraftwerke und Schaltanlagen, 2; Schalt- und Regulierapparate, 1; Nichtstationäre elektrische Vorgänge und Hochspannungstechnik, 1; Übungen zu diesen vier Vorlesungen, 2; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Vereinbarung. — **Teichmüller**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Seminar, 2; Übertragung und Verteilung elektrischer Energie; Leitungen, 1, Schaltungsschemata, 2, Übungen, 2; Energieversorgung des Landes; Elektrische Beleuchtung, 2; Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Vereinbarung. — **Hausrath**: Instrumenten- und Apparatebau, 2; Theoretische Telegraphie, 1; Hochfrequenzmessungen, 1; Besichtigung von Schwachstromanlagen. — **Thomälen**: Theorie der Wechselströme, 2, Übungen, 2. — **Schultheiß**: Geschichte und Wesen der Witterungsvoraussage, 1. — **Schmidt**: Photographische Kurse, mit Vorträgen über die Theorie der photographischen Vorgänge, für Anfänger und Vorgeschrittene, 2; Exkursionen, 1 Nachmittag. —

Engler: Organische Chemie I, 4; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1; Organisch-chemisches Kolloquium (mit Franzen), 1; Spezielle Kapitel der allgemeinen Chemie; Chemisches Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **Bredig**: Physikalische Chemie II, 2; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie und ihrer Anwendungen, 1; Demonstrationen technisch-elektrochemischer Prozesse (mit Askenasy), 3; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Physikalisch-chemischer und elektro-chemischer Einführungskurs, mit einleitenden Vorträgen. — **Bunte**: Chemische Technologie I: Baumaterialien, Glas, Keramik usw., 2, II: Chemische Großindustrie, 2; Übungen in der technischen Analyse (mit Eitner), für Chemiker, 4, für Maschineningenieure, 3, für Vorgerücktere, tägl.; Gaschemische Übungen; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Technologische Exkursionen. — **Franzen**: Organische Chemie II, 2; Ausgewählte Kapitel der theoretischen Chemie, 1. — **Askenasy**: Prozesse der elektrochemischen Großindustrie I, 2. — **Dieckhoff**: Anorganische pharmazeutische Chemie, 2; Analytische Chemie I, 2. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse, 1; Spezielle Technologie der Gasbeleuchtung I und II, 1, Übungen, 4. — **Koenig**: Chemie der Metalle, 2. — **Reis**: Photochemie II: Wirkungen des Lichtes, 2. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln sowie Gebrauchsgegenständen, 2. — **Steinkopf**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen II, 1; Chemie der Alkaloide, 1. — **Terres**: Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, 1. — **Ubbelohde**: Industrie des Petroleums, 1; Über Kunststoffe, 1. — **N. N.**: Chemie der Faserstoffe und Farbstoffe II: Die Chemie der künstlichen und natürlichen Farbstoffe, 2, Übungen in Färberei und Druckerei, 2. —

Böhm: Grundlehren der höheren Mathematik, 4; Höhere Mathematik II, 2. — **Heun**: Mechanik II, 4, Übungen, 2; Mechanisches Seminar, 3 *g*. — **Krazer**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Mohrmann**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4; Konstruktive Übungen der Perspektive, 3. — **Brandt**: Elementare und analytische Geometrie der Ebene und des Raumes II, 3, Übungen, 1; Einführungskurs in die höhere Mathematik, nach Vereinbarung. — **Haupt**: Übungen in den Grundlehren der höheren Mathematik, 2. — **Noether**: Stabilitäts- und Schwingungsprobleme, 2; Hydromechanik, 1. — **Wellstein**: Projektionslehre, 2, Übungen, 4. — **Näbauer**: Geodätisches Praktikum II, 6, III, 3; Größere Vermessungsübungen am Schlusse des Sommersemesters, 2 Wochen. — **Stutz**: Katastervermessung und Feldbereinigung, 3, Übungen, 2. —

Universität Kiel.

Dieterici: Experimentalphysik II: Optik, Elektrizität, Magnetismus, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger: a) Mathematiker und Naturwissenschaftler, 8, b) Mediziner und Pharmazeuten, 4; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene, tägl. — **Weber**: Thermodynamik, 4; Theorie physikalischer Messungsapparate, 1, Übungen, nach Vereinbarung; Ausgewählte physikalische Messungen und Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Martienssen**: Radioaktivität, 1. —

Diels: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum I, anorganische Abteilung (mit Mumm), tägl. außer Sonnabend, II, organische Abteilung tägl., für Mediziner (mit Feist), 4. — **Berend**: Die Entwicklung der Chemie im neunzehnten Jahrhundert, 1 *g*. — **Mumm**: Analytische Chemie, 2. — **Horrmann**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 3; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Stoehr**: Über Alkaloide, 1. — **Preuner**: Einführung in die physikalische Chemie, 2. —

Pochhammer: Einleitung in Determinantentheorie und Algebra, 3; Über Differentialgleichungen mit einer unabhängigen Variable, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Harzer**: Geographische Ortsbestimmungen, 3, Übungen, 1 *g*. — **Kobold**: Höhere Geodäsie, 2; Geodätische Übungen, 2. — **Toeplitz**: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen für Anfänger, 2; Zahlentheorie, 4; Mengenlehre, 1 *g*. —

Universität Königsberg.

Kaufmann: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 5; Physikalische Übungen: a) für Physiker und Mathematiker, 3, b) für Mediziner, 3; Neuere Theorien der Physik, 2 *g*; Seminaristische Übungen zur Geschichte der Experimentalphysik (mit Hoffmann), 2 *g*. — **Volkmann**: Elastizitätstheorie, einschließlich Akustik, 4; Mathematisch-physikalisches Laboratorium: Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten für Anfänger und Vorgerückte, 6; Mathematisch-physikalisches Seminar: Ergänzungen und Erläuterungen zur Elastizitätstheorie mit besonderer Berücksichtigung der Grundbegriffe und Grundsätze der Mechanik, 1 *g*. — **Hoffmann**: Radioaktivität, 1. —

Klinger: Anorganische Chemie, 5; Chemische Übungen im Laboratorium (mit Blochmann und Eisenlohr), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4; Besprechung besonderer Teile der Chemie (mit Blochmann, Eisenlohr und Sonn), 1 *g*. — **Rupp**: Pharmazeutische Chemie, 3; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend; Nahrungsmittel-analytische Methoden, 1 *g*. — **Zielstorff**: Organische Chemie für Landwirte, 2; Die Ernährung der Pflanze; Düngerlehre, 3; Landwirtschaftliche Nebengewerbe, 2; Chemisches Praktikum für Anfänger, tägl. außer Sonnabend; Praktische Übungen auf dem Gebiete der Fütterungslehre und Futterberechnungen, 2; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, für Geübtere, ganztägig, *g*; Landwirtschaftliche Exkursionen, 1 Nachmittag, *g*. — **Blochmann**: Maßanalyse, 2; Heizstoffe und Feuerungsanlagen, 1 *g*. — **Eisenlohr**: Photochemie, 1; Die Valenz der Elemente, 1 *g*. —

Meyer: Analytische Geometrie der Ebene, mit Übungen, 4; Differentialgeometrie, 4; Übungen im mathematischen Seminar, *g*. — **Blaschke**: Differential- und Integralrechnung I, 4; Variationsrechnung und Variationsprinzipe der Mechanik, 4; Seminar: a) Aufgabenseminar, b) Vortragsseminar, 2 *g*. — **Kaluza**: Versicherungsmathematik, mit Übungen, 2; Einführung in die Relativitätstheorie, 1; Repetitorium der Elementarmathematik, mit Übungen, 3. —

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, 5; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Scholl), tägl.; Physikalische Übungen (mit Scholl), 6, für Mediziner und Pharmazeuten, 3; Physikalisches Kolloquium (mit Des Coudres), 2 *g*. — **Des Coudres**: Einleitung in die theoretische Physik: Wellen, Strömung imponderabler Agentien, Potential, 4; Anfängerübungen, 1 *g*; Selbständige Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Fredenhagen), tägl. — **v. Oettingen**: Die Grundlage der Musikwissenschaft und die Theorie reiner Stimmung, 1 *g*. — **Scholl**: Ausgewählte Kapitel aus der Optik, mit Demonstrationen, 1. — **Wenger**: Geophysikalische Arbeitsmethoden: Darstellung von Feldern, mathematische Operationen mit Feldern, Statistik, harmonische Analyse, graphische und rechnerische Hilfsmittel, 2, Übungen, 2 *g*; Arbeiten im Geophysikalischen Institut, tägl.; Geophysikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Marx**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften: Differential- und Integralrechnung, für Mediziner und Naturwissenschaftler, 2. — **Haas**: Die modernen Probleme der theoretischen Physik: Elektronen-, Gase, Strahlungs-, Quanten-, Relativitätstheorie, 3; Geschichte der Physik von ihren Anfängen bis zu Galilei, 1 *g*; Selbständige geschichtlich-physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, nach Vereinbarung, *g*. — **Lilienfeld**: Erzeugung und Anwendung tiefer Temperaturen, 1 *g*. —

Hantzsch: Anorganische Experimentalchemie, 5, Ergänzung, 1 *g*; Analytische und anorganisch-chemische Übungen (mit Schaefer), für Chemiker, Pharmazeuten, Mathematiker, Naturwissenschaftler und Landwirte, tägl.; Organisch-präparative Übungen (mit Reddelien), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner und Zahnärzte (mit Schaefer), 6; Selbständige Arbeiten für Fortgeschrittene (mit Stobbe, Rassow, Schaefer und Reddelien), tägl. — **Le Blanc**: Physikalische Chemie II: Elektrochemie, mit Demonstrationen unter Berücksichtigung der Technik, 3; Chemische Arbeiten für Anfänger: Analytische und präparative, anorganische und organische Arbeiten (mit Böttger), tägl.; Physikalisch-chemische Arbeiten: Photochemisch-photographische (mit Weigert), elektrochemische und kolloid-chemische (mit Böttger), für Fortgeschrittene, ganztägig, für Anfänger auch halbtägig, tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs, auch für Mediziner, auf Wunsch: Darstellung elektrochemischer Präparate (mit Schall und Böttger), 4 oder 8. — **Paal**: Organische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen, analytisch, anorganisch und organisch, auch für Anfänger, für Chemiker, Mathematiker, Naturwissenschaftler und Landwirte (mit Deußen, Scheiber, Sieverts und Waentig), tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie (mit Deußen und Waentig), tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologische Übungen (mit Deußen und Scheiber), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner und Zahnärzte (mit Sieverts und Waentig), 6; Chemische Arbeiten für Vorgerücktere (mit Heller, Deußen, Scheiber, Sieverts und Waentig), tägl.; Chemisch-technische Übungen (mit Heller), tägl. — **Stobbe**: Spezielle organische Chemie: Die aromatischen Verbindungen, 2; Wiederholungskursus der organischen Chemie, nach

Vereinbarung, *g*. — **Wagner**: Übersicht über die anorganischen Verbindungen unter Zugrundelegung des Massenwirkungsgesetzes, 1; Technik der Experimentalchemie und Besprechung von Schulversuchen, 1 *g*; Chemische Übungen für Lehrer: Schulversuche und Präparate, tägl.; Didaktische Besprechungen; Physikalische und chemische Grundbegriffe, 1 *g*. — **Rassow**: Chemische Technologie, Brenn- und Leuchtstoffe, sowie ausgewählte anorganische Betriebe, 2; Technologische Ausflüge, *g*; Technische Gasanalyse, mit praktischen Übungen, 1; Chemisch-technologische Übungen, ganz- oder halbtägig; Deutschlands Eisenindustrie, mit Lichtbildern, 1 *g*. — **Weigert**: Moderne Photochemie, 1; Photochemische und photographische Übungen, 4; Photochemische und photographische Arbeitsmethoden, 1 *g*. — **Schall**: Elektrochemische Technik des Ozons und der Peroxyde, 1. — **Böttger**: Übungen in Elektroanalyse unter besonderer Berücksichtigung der Schnellmethoden, 3. — **Heller**: Chemie der organischen Farbstoffe, 2. — **Schaefer**: Analytische Chemie, mit Versuchen, 2. — **Deunen**: Die wichtigsten Untersuchungsmethoden des deutschen Arzneibuchs, 1. — **Wilke**: Maschinenzeichnen, 1. —

Hölder: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 4, Übungen, 1 *g*; Anwendungen der elliptischen Funktionen, 3. — **Rohn**: Algebraische Kurven, besonders der 3. und 4. Ordnung, 4, Übungen, 1 *g*; Darstellende Geometrie I, 2, Übungen, 2. — **Herglotz**: Potentialtheorie, 4; Algebraische Analysis, 2. — **Schnee**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen, 1 *g*; Bestimmte Integrale, 3. —

Universität Marburg.

Richarz: Experimentalphysik I.: Mechanik, Akustik, Optik, 5; Übersicht über die Experimentalphysik, als Wiederholung für Kriegsteilnehmer, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Feußner und Schulze), 6; Leitung eigener Untersuchungen, tägl. — **Schütze**: Theoretische Physik: Analytische Mechanik, 4; Übersicht über die theoretische Physik, als Wiederholung für Kriegsteilnehmer, 1 *g*. — **Take**: Physikalische Technologie mit Vorführungen und Ausflügen, $1^1/_2$. — **Feußner**: Theoretisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. — **Wegener**: Allgemeine Astronomie, mit Lichtbildern und Vorführungen auf der Sternwarte, 2. —

v. Auwers: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Seminar, im Anschluß an die wissenschaftlichen Arbeiten im Institut, 14 tägig, 2 *g*; Chemisches Praktikum (mit Fries und Strecker), tägl. außer Sonnabend, für Vorgerücktere, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner (mit Strecker), tägl. außer Sonnabend; Praktisch-chemischer Kursus für Mediziner (mit Strecker), $^1/_2$. Theoretische Einführung mit Vorführungen (Praktikum), $3^1/_2$. — **Keller**: Anorganische Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Nahrungsmittelchemie I (allgemeines), 1; Besprechungen und Übungen über Prüfung von Arzneimitteln, 1 *g*; Übungen über Keimfreimachung von Arznei- und Verbandmitteln, 2. — **Schmidt**: Qualitative Analyse, im Anschluß an die praktischen Übungen; Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel und selbständige Arbeiten (mit Keller), tägl. — **Strecker**: Gewichtsanalyse, 2; Titrieranalyse, 1; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2; Repetitorium der organischen Chemie, 2; Gasanalytisches Praktikum, 3. — **Fries**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie: Chemie der aliphatischen Verbindungen, 3; Chemisches Kolloquium, 2 *g*; Chemisches Repetitorium für Mediziner: Organische Chemie, 1. — **Thiel**: Physikalische Chemie I, 3; Theoretische Übungen über ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1 *g*; Psychiatrisch-chemisches Praktikum, 6; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, tägl.; Photochemisches Praktikum, für Anfänger und Fortgeschrittene (mit Stuchtey), 1. —

Hensel: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Elementare Algebra, 3; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Neumann**: Funktionentheorie, 4; Variationsrechnung, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*; eventl. **Wiarda**: Einführung in die Potentialtheorie, 4; Mengenlehre, 3; Höhere Funktionentheorie: Elliptische Funktionen, 2. — **v. Dalwigk**: Differentialrechnung, 4; Allgemeine Flächentheorie, 3; Übungen aus der Geodäsie, 1 *g*. —

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik II: Wärme und Elektrizität, 5; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Praktische Übungen im Physikalischen Laboratorium (mit Koch und Wagner), 4. — **Sommerfeld**: Optik, 4; Seminar über optische Fragen, 1 *g*; Atomistik, 1; Selbständige Arbeiten im Institut für theoretische Physik, tägl. — **Graetz**: Experimentalphysik II: Mechanik, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum: a) Übungen in physikalischen Messungen, b) Übungen in physikalischen Demonstrationen, 4; Die Fortschritte der exakten Naturwissenschaften, 1; Einleitung in die theoretische Physik II, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus der Physik, nach Vereinbarung. — **Schmauß**: Allgemeine Meteorologie und Klimatologie, 4. — **Koch**: Wirkungsweise und Gebrauch des Mikroskops, mit Demonstrationen (allgemeinverständlich), 1. — **Wagner**: Die Grundlagen und Leistungen der Quantentheorie, 1. — **Donle**: Einführung in die theoretische Elektrizitätslehre, 2. — **Ewald**: Übersicht über die Mechanik einschl. Hydrodynamik usw., 3. —

Willstätter: Organische Experimentalchemie, 5; Einführung in die Chemie, 1 *g*; Praktische Arbeiten im Chemischen Laboratorium; Anorganische Abteilung (mit Prandtl und Vanino), tägl. außer Sonnabend, Organische Abteilung (mit Kurt Meyer und Dieckmann), tägl., Physikalisch-chemische Abteilung (mit Fajans), tägl., außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Vanino), 4; Arbeiten im Chemischen Laboratorium für fortgeschrittene Mediziner, halb- oder ganztägig; Physikalisch-chemisches Praktikum (mit Fajans), a) 1 Tag, b) $^1/_2$ Tag. — **Paul**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Nahrungsmittelchemie I, mit Exkursionen, 2; Pharmazeutisch-chemische Präparatenkunde: Organische Präparate, 3; Chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich physikalisch-chemischer, elektro-chemischer und nahrungsmittel-chemischer Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich der Übungen in den für den Apotheker wichtigen Sterilisationsverfahren, tägl. außer Sonnabend. — **Prandtl**: Spezielle unorganische Experimentalchemie I: 1. bis 4. Gruppe des periodischen Systems, 4; Praktikum für Gasanalyse, 4. — **Dieckmann**: Chemie der Alkaloide, 1 *g*. — **Fajans**: Physikalische Chemie II, 2; Physikalisch-chemisches Kolloquium für Anfänger, 1 *g*. — **Pummerer**: Chemische Technologie der Schwermetalle mit besonderer Berücksichtigung des Eisens, mit Exkursionen, 2. — **Kalb**: Heterozyklische Verbindungen, 1. —

Lindemann: Theorie der elliptischen Funktionen, 5; Übungen und Vorträge im Mathematischen Seminar, $1^1/_2$ *g*. — **v. Seeliger**: Kapitel aus der astronomischen Bewegungslehre, 4. — **Voß**: Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf die Theorie der ebenen und räumlichen Kurven, 4; Theorie der unendlichen Reihen, 2; Mathematisches Seminar: Übungen in der Theorie der Differentialgleichungen, 2 *g*. — **Prinzsheim**: Integralrechnung, 5. — **Brunn**: Ausgewählte Kapitel aus der Lehre von den konvexen Kurven und Flächen (Eigebilden), bes. die Singularitätenhäufung betr., 2. — **Hartogs**: Synthetische Geometrie II, 5. — **Grossmann**: Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, nach Vereinbarung. — **Dingler**: Elementarmathematik, mit geschichtlichen und pädagogischen Hinweisen, 4; Einführung in die mathematische Behandlung von Beobachtungsdaten, 2. — **Rosenthal**: Differentialrechnung, 5, Übungen, $1^1/_2$; Theorie der geometrischen Konstruktionen, 3. —

Akademie Posen.

Spies: Der elektrische Strom, 4. —
Könnemann: Die Physik der Sonne, 1. —

Deutsche Universität Prag.

Lampa: Experimentalphysik II, besonderer Teil, 5; Physikalisches Praktikum II (Fortsetzung), 6 bzw. 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, für Vorgeschrittene, tägl. g. — **Frank**: Einführung in die Relativitätstheorie, 3; Theorie des Lichtdrucks, 2; Huyghens und Newton, 1; Seminar: Besprechung neuerer Arbeiten über Röntgenstrahlen, 2 g. —

Meyer: Organische Chemie, für Philosophen, Mediziner und Pharmazeuten, 5; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, halbtägig; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend. — **Rothmund**: Physikalische Chemie II, 4, Physikalisch-chemisches Praktikum, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Wagner**: Die chemischen Wirkungen des Lichtes; Photochemie und Photographie, 1. — **Kirpal**: Chemische Großindustrie mit Exkursionen, 3. — **Sigmund**: Die Enzyme und ihre Bedeutung in der Physiologie und Technik, 1. —

Pick: Elemente der Infinitesimalrechnung II, 2, Übungen, 1; Mathematisches Seminar, 2 g. — **Kowalewski**: Ausgewählte Kapitel der analytischen Geometrie, 3; Theorie der Transformationsgruppen, 2; Mathematisches Seminar, 2 g. — **Funk**: Theorie der Beugung des Lichtes, nach Vereinbarung. — **Mack**: Kurs über geometrisches Zeichnen und darstellende Geometrie, 3. — **Prey**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Ausgleichsrechnung, 2. — **Scheller**: Refraktion und Extinktion, 1. — **Spitaler**: Physikalische Erdbebenforschung, 2; Wetterprognose, 2, Übungen, 1.

Universität Rostock.

Heydweiller: Experimentalphysik: Allgemeine Physik, Akustik, Wärme, 5; Physikalische Übungen a) für Mathematiker und Naturwissenschaftler, 8, b) für Mediziner und Pharmazeuten, 4; Wissenschaftlich-physikalische Arbeiten, tägl.; Physikalisches Seminar (mit Weber), 1. — **Weber**: Analytische Mechanik, 3; Wärmelehre, 2; Übungen zur theoretischen Physik, 1. —

Pfeiffer: Anorganische Chemie, 5; Kolloidchemie, 1; Großes chemisches Praktikum: Analytische und anorganisch-präparative Arbeiten, tägl.; Leitung wissenschaftlicher Arbeiten, tägl.; Kleines chemisches Praktikum für Mathematiker, Naturwissenschaftler und Pharmazeuten, halbtägig; Übungen für Nahrungsmittelchemiker, nach Vereinbarung, für Mediziner (mit Stoermer), 3. — **Stoermer**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie, 3; Gerichtliche Chemie, 2; Maßanalyse, 1; Übungen in der organischen Abteilung: a) Großes chemisches Praktikum, b) wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Honeamp**: Agrikulturchemie II: Tierernährung, 2; Agrikulturchemisches Praktikum, tägl. — **Kümmell**: Elektrochemie, 2. —

Staude: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Theorie der analytischen Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 2. —

Berichtigung

zu meiner Arbeit: „Adiabatenhypothese und Boltzmannsches Prinzip".

Von Adolf Smekal.

Infolge eines bedauerlichen Versehens ist in der in der Überschrift genannten Arbeit[1]) angegeben, daß die adiabatische Invarianz der Quantenansätze hinreichend und notwendig für die Gültigkeit des Boltzmannschen Prinzipes ist. Wie aus der Arbeit selbst hervorgeht, ist wohl die adiabatische Invarianz der Gewichtsfunktion G notwendig-hinreichend, die adiabatische Invarianz der Quantenansätze hingegen nur hinreichend. Um auch ihre Notwendigkeit zu beweisen, würde es noch einer Zusatzforderung bedürfen.

Berlin, 25. April 1918.

1) A. Smekal, diese Zeitschr. 19, 137, 1918.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Schriftleitung von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Ernannt: Der Adjunkt am chemischen Institut der Universität Prag Dr. Alfred Eckert zum ord. Professor für allgemeine und analytische Chemie ebenda, der Oberassistent am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin-Dahlem Dr. Otto Lische zum Professor, der Professor der Chemie am Kings College in London Sir Herbert Jackson zum Präsidenten des Institute of Chemistry daselbst, Dr. B. Sjollema zum ord. Professor der Chemie an der Tierärztlichen Hochschule Utrecht.

Berufen: Der a. o. Professor an der Universität Jena Dr. Hermann Matthes zum ord. Professor der Pharmazie und Nahrungsmittelchemie an der Universität Straßburg.

Verliehen: Dem Privatdozenten für Mathematik und Honorardozenten für Versicherungsmathematik an der Deutschen Technischen Hochschule Brünn Dr. Ernst Fanta der Titel a. o. Professor.

Gestorben: Der ord. Professor der allgemeinen und Experimental-Chemie an der Universität Straßburg Dr. Johannes Thiele, der frühere ord. Professor der Chemie an der Queens University in Belfast Dr. Edmund A. Letts.

Angebote.

Physiker oder Physikerin

für unser physikalisches Laboratorium gesucht. Angebot mit Lebenslauf, Gehaltsansprüchen, womöglich Lichtbild an

Siemens & Halske A.-G., Glühlampenwerk, Charlottenburg, Helmholtzstraße 4—8.

Physiker

oder physikalisch gebildeter **Ingenieur** für Untersuchungen im Laboratorium (akustische und elektrische Schwingungsvorgänge) gesucht. Angebote mit Lebenslauf, Militärverhältnissen, Gehaltsansprüchen usw. erbeten an

Signal Gesellschaft m. b. H. Kiel
Werk Ravensberg.

Für die Schriftleitung verantwortlich Geh. Regierungsrat Prof. Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

Fig. 6a.

Fig. 6b.

Inhaltsverzeichnis:

Seite

Actinium: Die Muttersubstanz des —, ein neues radioaktives Element von langer Lebensdauer, v. O. Hahn u. L. Meitner 208

Einsteinsche Gravitationsgleichungen: Über die formale Analogie zwischen den elektromagnetischen Grundgleichungen und den — erster Näherung, v. H. Thirring 204

Elektromagnetisches Feld: Mechanische Theorien des —, v. A. Korn. VII. 201

Elektromagnetische Grundgleichungen: Über die formale Analogie zwischen den — und den Einsteinschen Gravitationsgleichungen erster Näherung, v. H. Thirring. 204

Feld: Mechanische Theorien des elektromagnetischen —, v. A. Korn. VII. 201

Gravitationsgleichungen: Über die formale Analogie zwischen den elektromagnetischen Grundgleichungen und den Einsteinschen — erster Näherung, v. H. Thirring 204

Hahn, O. u. L. **Meitner**, Die Muttersubstanz des Actiniums, ein neues radioaktives Element von langer Lebensdauer 208

Kanalstrahlen: Weitere Versuche über eine durchdringende Sekundärstrahlung der —, v. M. Wolfke . 205

Seite

Korn, A., Mechanische Theorien des elektromagnetischen Feldes. VII. 201

Mechanische Theorien des elektromagnetischen Feldes, v. A. Korn. VII. 201

Meitner, L. u. O. **Hahn**, Die Muttersubstanz des Actiniums, ein neues radioaktives Element von langer Lebensdauer 208

Protactinium: (—), die Muttersubstanz des Actiniums, ein neues radioaktives Element von langer Lebensdauer, v. O. Hahn u. L. Meitner 208

Radioaktives Element: Die Muttersubstanz des Actiniums, ein neues — von langer Lebensdauer, v. O. Hahn u. L. Meitner 208

Schrödinger, E., Notiz über die Ordnung in Zufallsreihen 215

Sekundärstrahlung: Weitere Versuche über eine durchdringende — der Kanalstrahlen, v. M. Wolfke . 205

Thirring, H., Über die formale Analogie zwischen den elektromagnetischen Grundgleichungen und den Einsteinschen Gravitationsgleichungen erster Näherung 204

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1918 . 220

Wolfke, M., Weitere Versuche über eine durchdringende Sekundärstrahlung der Kanalstrahlen 205

Zufallsreihen: Notiz über die Ordnung in —, v. E. Schrödinger 215

Am 20. April d. J. verschied in New York an den Folgen eines schweren langjährigen Darmleidens Herr

Professor Ferdinand Braun

aus dem Leben. Seine Forschungsarbeiten und Erfindungen bilden wesentliche Bestandteile des Fundaments, auf welchem der stolze Bau der drahtlosen Technik errichtet ist. 1909 krönte der Nobelpreis diese Taten. Ein tückisches Leiden, durch Operation für einige Jahre gebannt, zerbrach allmählich dieses schaffende Leben. Sechs Monate nach Kriegsausbruch willfahrte der damals schon schwerkranke Mann unserer Bitte, sich nach den Vereinigten Staaten zu begeben. Klaren Blickes trat er die gefahrvolle Reise an, getrieben ebensosehr von der Liebe zu seinem Lebenswerk, wie von vaterländischem Pflichtgefühl. Ein Pionier der Wissenschaft und ein bahnbrechender deutscher Erfinder, für uns darüber hinaus der lebensfrohe Freund mit jugendfrischem Herzen, der Edelmensch von einzigartiger Einfachheit des Denkens und Fühlens, schloß er für immer seine klugen, stets in die Zukunft gerichteten Augen.

Sein Name und seine Werke werden weiterleben!

Gesellschaft für drahtlose Telegraphie System Prof. Braun und Siemens & Halske G. m. b. H. | **Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. Telefunken.**

Neuste Konstruktion!

Kugelepishop. D.R.P. 250314.

Franz Schmidt & Haensch

Berlin S. 42, Prinzessinnenstraße 16

Werkstätten für Präzisions-Mechanik und Optik.

Neue optische Spezialinstrumente eigener Konstruktion, Polarisations-, Spektral-, Projektionsapparate, Episkope u. a.

Preislisten kostenlos.